COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-QUATRE-VINGT-QUATRIÈME.

JANVIER — JUIN 1927.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1927

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1927

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs:

APPELL (Paul-Émile), G. C. ✻.
PAINLEVÉ (Paul), ✻.
HADAMARD (Jacques-Salomon), O. ✻.
GOURSAT (Édouard-Jean-Baptiste), O. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-Émile), O. ✻.
LEBESGUE (Henri-Léon), ✻.

Section II. — *Mécanique.*

BOUSSINESQ (Joseph-Valentin), O. ✻.
SEBERT (Hippolyte), C. ✻.
VIEILLE (Paul-Marie-Eugène), G. O. ✻.
LECORNU (Léon-François-Alfred), C. ✻.
KŒNIGS (Gabriel-Xavier-Paul), O. ✻.
MESNAGER (Augustin-Charles-Marie), C. ✻.

Section III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (Henri-Alexandre), O. ✻.
BIGOURDAN (Guillaume), O. ✻.
BAILLAUD (Édouard-Benjamin), C. ✻.
HAMY (Maurice-Théodore-Adolphe), O. ✻.
PUISEUX (Pierre-Henri), O. ✻.
ANDOYER (Marie-Henri), O. ✻.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

Lallemand (Jean-Pierre, *dit* Charles), O. ✻.
Fournier (François-Ernest), G. C. ✻, ✠.
Bourgeois (Joseph-Émile-Robert), G. O. ✻.
Ferrié (Gustave), C. ✻.
Fichot (Lazare-Eugène), C. ✻.
Perrier (Antoine-François-Jacques-Justin-Georges), C. ✻.

Section V. — *Physique générale.*

Villard (Paul), O. ✻.
Branly (Édouard-Eugène-Désiré), C. ✻.
Berthelot (Paul-Alfred-Daniel).
Brillouin (Louis-Marcel), O. ✻.
Perrin (Jean-Baptiste), O. ✻.
Cotton (Aimé-Auguste), O. ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Le Chatelier (Henry-Louis), C. ✻.
Moureu (François-Charles-Léon), G. O. ✻.
Béhal (Auguste), C. ✻.
Urbain (Georges), O. ✻.
Bertrand (Gabriel-Émile), O. ✻.
Matignon (Arthème-Camille), O. ✻.

Section VII. — *Minéralogie.*

Barrois (Charles-Eugène), C. ✻.
Douvillé (Joseph-Henri-Ferdinand), O. ✻.
Wallerant (Frédéric-Félix-Auguste), O. ✻.
Termier (Pierre-Marie), O. ✻.
Launay (Louis-Auguste-Alphonse de), O. ✻.
Haug (Gustave-Émile), O. ✻.

Section VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

Guignard (Jean-Louis-Léon), C. ✻.
Mangin (Louis-Alexandre), C. ✻.
Costantin (Julien-Noël), O. ✻.
Lecomte (Paul-Henri), O. ✻.
Dangeard (Pierre-Augustin-Clément), O. ✻.
Molliard (Marin), O. ✻.

Section IX. — *Économie rurale.*

Roux (Pierre-Paul-Émile), G. C. ✻.
Schlœsing (Alphonse-Théophile), O. ✻.
Leclainche (Auguste-Louis-Emmanuel), G. O. ✻.
Viala (Pierre), O. ✻.
Lindet (Gaston-Aimé-Léon), C. ✻.
André (Jean-Marie-Gustave), O. ✻.

Section X. — *Anatomie et Zoologie.*

Bouvier (Louis-Eugène), C. ✻.
Henneguy (Louis-Félix), O. ✻.
Marchal (Paul-Alfred), O. ✻.
Joubin (Louis-Marie-Adolphe-Olivier-Édouard), C. ✻.
Mesnil (Félix-Étienne-Pierre), O. ✻.
Gravier (Charles-Joseph), O. ✻.

Section XI. — *Médecine et Chirurgie.*

Arsonval (Jacques-Arsène d'), G. O. ✻.
Richet (Robert-Charles), C. ✻.
Quénu (Édouard-André-Victor-Alfred), C. ✻.
Widal (Fernand-Georges-Isidore), G. O. ✻.
Bazy (Pierre-Jean-Baptiste), C. ✻.
Vincent (Jean-Hyacinthe), G. O. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-Émile), C. ✱, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-Alfred), C. ✱, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon), G. O. ✱.
BLONDEL (André-Eugène), O. ✱.
FOCH (le maréchal Ferdinand), G. C. ✱, ✱.
JANET (Paul-André-Marie), O. ✱.
BRETON (Jules-Louis).
OCAGNE (Philbert-Maurice D'), O. ✱.
BROGLIE (le duc Louis-César-Victor-Maurice DE), O. ✱.
DESGREZ (Alexandre), O. ✱.
SÉJOURNÉ (Aignan-Paul-Marie-Joseph), G. O. ✱.
CHARCOT (Jean-Baptiste-Étienne-Auguste), C. ✱.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (Paul), C. ✱, à Toulouse.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien), O. ✱, à Lyon.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie), O. ✱, à Montpellier.
COSSERAT (Eugène-Maurice-Pierre), ✱, à Toulouse.
GRIGNARD (François-Auguste-Victor), O. ✱, à Lyon.
WEISS (Pierre-Ernest), O. ✱, à Strasbourg.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

RATEAU (Camille-Edmond-Auguste), C. ✱, à Paris.
CHARPY (Augustin-Georges-Albert), O. ✱, à Paris.
LUMIÈRE (Louis-Jean), C. ✱, à Neuilly-sur-Seine.
LAUBEUF (Alfred-Maxime), C. ✱, à Paris.
CLAUDE (Georges), ✱, à Rueil (Seine-et-Oise).
GUILLET (Léon-Alexandre), C. ✱, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

LANKESTER (Sir Edwin Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik Antoon), C. ✻, à Haarlem (Pays-Bas).
VOLTERRA (Vito), C. ✻, à Rome.
HALE (George Ellery), à Mount Wilson Observatory (Californie).
THOMSON (Sir Joseph John), à Cambridge (Angleterre).
WALCOTT (Charles Doolittle), à Washington.
MICHELSON (Albert Abraham), à Chicago.
BRÖGGER (Waldemar Christofer), C. ✻, à Oslo (Kristiania).
BORDET (Jules-Jean-Baptiste-Vincent), C. ✻, à Bruxelles.
PATERNO DI SESSA (Emanuele), G. O. ✻, à Rome.
WINOGRADSKY (Serge), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
. . . .

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

MITTAG-LEFFLER (Magnus Gustaf), C. ✻, à Djursholm (Suède).
HILBERT (David), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (Charles-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
BIANCHI (Luigi), à Pise.
LARMOR (Sir Joseph), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (Leonard Eugene), à Chicago.
RIQUIER (Charles-Edmond-Alfred), ✻, à Caen (Calvados).
FREDHOLM (Erik-Ivar), à Djursholms Ösby (Suède).
BAIRE (René-Louis), ✻, à Thonon (Haute-Savoie).
NÖRLUND (Niels Erik), ✻, à Copenhague.

Section II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

LEVI-CIVITA (Tullio), à Rome.
SCHWOERER (Émile), ✱, à Colmar.
SPARRE (le comte Magnus-Louis-Marie DE), ✱, à Lyon.
WADDELL (John Alexander Low), à New-York City.
TORRES QUEVEDO (Leonardo), C. ✱, à Madrid.
GREENHILL (Sir George), à Londres.
ANDRADE (Jules-Frédéric-Charles), ✱, à Besançon.
CAMICHEL (Charles-Moïse), O. ✱, à Toulouse.
VILLAT (Henri-René-Pierre), ✱, à Strasbourg.
. . . .

Section III. — *Astronomie* (10).

TURNER (Herbert Hall), à Oxford.
VERSCHAFFEL (Aloys), ✱, à Bayonne.
LEBEUF (Auguste-Victor), ✱, à Besançon.
DYSON (Sir Frank Watson), à Greenwich.
GONNESSIAT (François), ✱, à Alger.
CAMPBELL (William Wallace), à Mount Hamilton (Californie).
FABRY (Louis), ✱, à Marseille.
FOWLER (Alfred), à Londres.
BROWN (Ernest William), à New-Haven (Connectitut).
PICART (Théophile-Luc), ✱, à Bordeaux.

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

TEFFÉ (l'amiral baron Antonio Luiz DE), à Petropolis (Brésil).
NANSEN (Fridtjof), C. ✱, à Lysaker (Norvège).
HEDIN (Sven Anders), à Stockholm.
DAVIS (William Morris), ✱, à Cambridge (Massachusetts).
AMUNDSEN (Roald), G. O. ✱, à Oslo (Kristiania).
TILHO (Jean-Auguste-Marie), O. ✱, à Paris.
LECOINTE (Georges), C. ✱, à Uccle (Belgique).
BERLOTY (Camille-Marie-Antoine-Bonaventure), à Ksara (Syrie).
. . . .
. . . .

SECTION V. — *Physique générale* (10).

Messieurs :

BLONDLOT (Prosper-René), O. ✻, à Nancy.
GUILLAUME (Charles-Édouard), O. ✻, à Sèvres.
ARRHENIUS (Svante August), G. O. ✻, à Stockholm.
MATHIAS (Émile-Ovide-Joseph), ✻, à Clermont-Ferrand.
RUTHERFORD (Sir Ernest), à Cambridge (Angleterre).
ZEEMAN (Pieter), à Amsterdam.
BRAGG (Sir William Henry), à Londres.
MILLIKAN (Robert Andrews), à Pasadena, Californie.
. . . .
. . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-Robert DE), O. ✻, à Montpellier.
GUNTZ (Antoine-Nicolas), O, ✻, à Nancy.
GRAEBE (Carl), à Francfort-sur-le-Main.
WALDEN (Paul), à Rostock (Allemagne).
PERKIN (William Henry), à Oxford (Angleterre).
PICTET (Amé), ✻, à Genève.
RECOURA (Albert), O. ✻, à Grenoble.
SENDERENS (Jean-Baptiste), ✻, à Toulouse.
HADFIELD (Sir Robert Abbott), à Londres.
POPE (Sir William Jackson), à Cambridge (Angleterre).

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

TSCHERMAK (Gustav), à Vienne (Autriche).
HEIM (Albert), à Zurich.
GROSSOUVRE (Marie-Félix-Albert DURAND DE), O. ✻, à Bourges,

Messieurs :

BECKE (Friedrich Johann Karl), à Vienne (Autriche).
FRIEDEL (Georges), O. ✱, à Graffenstaden (Bas-Rhin).
BIGOT (Alexandre-Pierre-Désiré), ✱, à Caen.
LUGEON (Maurice), C. ✱, à Lausanne.
MARGERIE (Emmanuel-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✱, à Strasbourg.
GLANGEAUD (Philippe), O. ✱, à Clermont-Ferrand.
CORNET (Jules), à Mons (Belgique).

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

ENGLER (Heinrich Gustav Adolf), à Dahlem, près de Berlin.
DE VRIES (Hugo), à Lunteren (Pays-Bas).
VUILLEMIN (Jean-Paul), ✱, à Malzéville (Meurthe-et-Moselle).
SAUVAGEAU (Camille-François), ✱, à Bordeaux.
CHODAT (Robert-Hippolyte), ✱, Palmella, Pinchat, près de Genève.
LECLERC DU SABLON (Albert-Mathieu), ✱, à Vénéjan (Gard).
JUMELLE (Henri-Lucien), ✱, à Marseille.
MAIRE (René-Charles-Joseph-Ernest), ✱, à Alger.
THAXTER (Roland), à Cambridge (Massachusetts).
SCOTT (Dukinfield Henry), à Oakley, Hants (Angleterre).

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

GAYON (Léonard-Ulysse), C. ✱, à Bordeaux.
GODLEWSKI (Emil), à Pulawy (Pologne).
PERRONCITO (Edoardo), C. ✱, à Turin.
WAGNER (Paul), à Darmstadt.
IMBEAUX (Charles-Édouard-Augustin), O. ✱, à Nancy.
BALLAND (Joseph-Antoine-Félix), O. ✱, à Saint-Julien (Ain).
NEUMANN (Louis-Georges), O. ✱, à Saint-Jean-de-Luz (Basses-Pyrénées).
TRABUT (Louis), O. ✱, à Alger.
EFFRONT (Jean), à Bruxelles.
RUSSELL (Sir Edward John), à Harpenden (Angleterre).

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10 + 1).

Messieurs :

RAMON CAJAL (Santiago), C. ✻, à Madrid.
BOULENGER (George-Albert), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-Eugène), O. ✻, à Clermont-Ferrand.
CUÉNOT (Lucien-Claude), ✻, à Nancy.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-Albert), ✻, à Marseille.
BRACHET (Albert-Toussaint-Joseph), ✻, à Bruxelles.
LAMEERE (Auguste-Alfred-Lucien-Gaston), à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
VIGUIER (Antoine-François-Camille), ✻, à Lison (Calvados).
WILSON (Edmund Beecher), à New-York.
SCHMIDT (Ernst Johannes), O. ✻, à Copenhague-Valby (Danemark).
KŒHLER (René-Jean-Baptiste-François), O. ✻, à Lyon.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

CALMETTE (Léon-Charles-Albert), G. O. ✻, à Paris.
PAVLOV (Jean Petrovitch), à Pétrograd.
YERSIN (Alexandre-John-Émile), C. ✻, à Nha-Trang (Annam).
BRUCE (Sir David), à Londres.
WRIGHT (Sir Almroth Edward), à Londres.
NICOLLE (Charles-Jules-Henri), O. ✻, à Tunis.
SHERRINGTON (Sir Charles Scott), à Oxford.
LAGRANGE (Pierre-Félix), C. ✻, à Bordeaux.
FREDERICQ (Léon), à Liége.
FORGUE (Émile), C. ✻, à Montpellier.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 4 JANVIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND, PUIS DE M. CHARLES BARROIS
ET DE M. MAURICE HAMY.

M. **Charles Lallemand**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1926.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1927.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le tome 181 (2e semestre de l'année 1925) est paru avec ses tables et a été mis en distribution.

Les tables du tome 182 (1er semestre de l'année 1926) sont parues; le volume complet sera prochainement mis en distribution.

Les numéros du 2e semestre de l'année 1926 sont parus, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Le volume des tables générales de 1896 à 1910 est en préparation.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 58 est paru et a été mis en distribution.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de tables générales est en préparation.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1927 est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1926.

Membres non résidants. — M. **Georges Gouy**, le 27 janvier, à Vals-les-Bains.

Associés étrangers. — M. **Kamerlingh Onnes**, le 21 février, à Leiden.

Membres élus depuis le 1er janvier 1926.

Section de géographie et navigation. — M. **Georges Perrier**, le 22 février, en remplacement de M. Louis Gentil, décédé.

Section de chimie. — M. **Camille Matignon**, le 1er février, en remplacement de M. Albin Haller, décédé.

Division des Académiciens libres. — M. **Jean Charcot**, le 22 mars, en remplacement de M. Eugène Tisserand, décédé.

Membres non résidants. — M. **Victor Grignard**, le 7 juin, en remplacement de M. Wilfrid Kilian, décédé;

M. **Pierre Weiss**, le 21 juin, en remplacement de M. Georges Gouy, décédé.

Membres à remplacer.

Associés étrangers. — M. **Kamerlingh Onnes**, mort à Leiden, Pays-Bas, le 21 février 1926.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1926.

Pour la Section de mécanique. — M. **Aimé Witz**, le 25 janvier, à Lille.

Pour la Section de géographie et navigation. — Sir **Philip Watts**, le 15 mars, à Londres.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1926.

Pour la Section de géométrie. — M. **N. E. Nörlund**, à Copenhague, le 14 juin, en remplacement de M. Claude Guichard, décédé.

Pour la Section de médecine et chirurgie. — M. **Léon Fredericq**, à Liége, le 1er mars, en remplacement de M. Jean Bergonié, décédé.

M. **Émile Forgue**, à Montpellier, le 29 mars, en remplacement de M. Antoine Depage.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de mécanique. — M. **Aimé Witz**, mort à Lille, le 25 janvier 1926.

Pour la Section de géographie et navigation. — M. **Hildebrand Hildebrandsson**, mort à Upsala, le 29 juillet 1925; Sir **Philip Watts**, mort à Londres, le 15 mars 1926.

Pour la Section de physique générale. — M. **H. Kamerlingh Onnes**, élu associé étranger, le 7 décembre 1925; M. **Pierre Weiss**, élu membre non résidant le 21 juin 1926.

Pour les sections qui seront désignées par l'Académie :

A. — Les correspondants suivants pour la Section d'astronomie : M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, mort à Groningue, Pays-Bas, le 18 juin 1922; M. **H. G. Van de Sande Bakhuyzen**, mort à Leiden, Pays-Bas, le 8 janvier 1923.

B. — Le correspondant suivant pour la Section d'anatomie et zoologie : M. **Eugène Simon**, mort à Paris, le 17 novembre 1924.

C. — Le correspondant suivant pour la Section de botanique : M. **Jean Massart**, mort à Houx-Yvoir, Belgique, le 16 août 1925.

D. — Le correspondant suivant pour la Section de chimie : M. **Victor Grignard**, élu membre non résidant le 7 juin 1926.

M. Charles Lallemand, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Parvenu au terme de mon éphémère présidence, je désire vous remercier encore une fois du grand honneur que vous m'avez fait. Il restera l'un des meilleurs souvenirs de ma carrière scientifique.

Si j'ai pu n'être pas trop inférieur à ma tâche, je le dois surtout à nos dévoués secrétaires perpétuels, qui ont tout fait pour me la rendre légère. Je leur adresse en retour l'expression de ma vive gratitude.

Je veux aussi remercier mon éminent successeur, M. Barrois, pour le précieux concours qu'en diverses circonstances il a bien voulu me prêter.

Enfin, vous me pardonnerez, j'espère, si, parfois, voulant aider un orateur à se faire entendre, ma sonnette indiscrète est venue troubler un instant quelque grave discussion particulière.

L'année dernière, en prenant possession de ce fauteuil, je me faisais l'écho des inquiétudes éveillées, de tous côtés, par la baisse du franc et sa répercussion sur le sort des institutions scientifiques.

Rappelant une vérité très ancienne, mais encore méconnue comme au premier jour, je disais que la vraie et la seule cause du mal étant la fausse monnaie, il fallait la détruire, assez lentement toutefois pour laisser aux prix des choses le temps de s'adapter aux niveaux successifs du franc et pour ainsi réduire au minimum les troubles sociaux fatalement créés par cette ascension.

A l'époque, cette mesure venait de trouver, près du gouvernement, un accueil favorable. Elle figurait en tête des propositions budgétaires pour 1926. On pouvait dès lors espérer un prochain et sérieux redressement de la situation.

Par malheur, quelques jours plus tard, un vent hostile venait souffler sur cette espérance et la détruire. Aussitôt, reprenant, avec une vitesse accrue, sa course descendante, à peine un instant interrompue, notre monnaie perdait à nouveau près de la moitié du reste de sa valeur, tombait à un niveau jusqu'alors inconnu et menaçait de sombrer définitivement.

Mais bientôt, par un brusque sursaut d'énergie du pays tout entier, le franc se redressait progressivement jusqu'à retrouver son chiffre de janvier 1926. Il s'y maintient à cette heure.

Dans l'intervalle, au cours de séances publiques solennelles, les délégués autorisés de l'Académie française et de l'Académie des Inscriptions, jetant

un cri d'alarme, clamaient la détresse profonde des hommes de lettres et des publications savantes. Malgré l'aide temporaire des fonds de la journée Pasteur, d'autre part, les laboratoires de recherches végètent et le recrutement des carrières scientifiques se fait, chaque jour, plus difficile.

Chacun appelle de tous ses vœux une situation meilleure.

Par bonheur, la nation semble avoir compris le danger qui la guette et partout un vif mouvement de reprise se produit. L'efficacité du moyen de salut, si vainement et tant de fois recommandé dans le passé, semble enfin reconnue. L'exposé des motifs du projet de budget pour 1927 porte en effet cette rassurante déclaration que le remboursement des malencontreuses avances faites par la Banque de France à l'État constitue « l'un des remèdes les plus directs et les plus efficaces de la crise monétaire ». A cet égard, la loi salutaire de décembre 1920, demeurée trop longtemps inobservée, va de nouveau rentrer en application. Désormais on peut espérer voir le franc reprendre peu à peu sa valeur d'avant-guerre, à la condition toutefois qu'une imprudente spéculation ne vienne pas inopportunément activer la hausse au point de la rendre aussi dangereuse que la chute elle-même.

Sur cet espoir, que je m'excuse de formuler une dernière fois, je cède le fauteuil à M. Barrois et j'invite M. Hamy, notre nouveau et distingué vice-président, à prendre place au bureau.

En prenant possession du fauteuil de la présidence, M. **Charles Barrois** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Que je doive le grand honneur de présider les séances de l'Académie au temps ou à l'espace, au nombre d'années où j'ai siégé, ou aux distances parcourues pour détenir parmi vous le record du kilomètre, je ne trouve dans ces 23 années d'assiduité que des titres à votre indulgence, à ma reconnaissance.

Je ne distingue dans cette longue période que la lente évolution de ces deux sentiments, aujourd'hui en équilibre, et qui vont nous partager pendant une année entière, sans qu'il vous soit donné de voir diminuer l'amplitude de ma gratitude.

Parlant pour la première fois en votre nom, je serai certainement l'inter-

prête de tous en remerciant notre éminent président sortant M. Lallemand du talent, du tact parfait, avec lesquels il a présidé nos séances, rehaussant même souvent leur intérêt par ses communications personnelles sur les questions les plus élevées de la Géodésie. Vous regretterez d'autant plus sincèrement la fin de cette présidence sans nuages, qu'au cours de sa durée, la mort, par un heureux et rare privilège, a épargné tous les membres résidants de l'Académie, permettant ainsi à ceux qui avaient appelé le Président au fauteuil, de lui présenter au terme de son mandat, leurs félicitations unanimes.

Avec la même unanimité, ils lui adressent aujourd'hui la prière de ne pas rompre le charme qui a enchanté son règne, si secourable à la fois à la vie des savants et à la production scientifique.

Il est un autre exemple salutaire que je dois au Président Lallemand. En reléguant dans l'antichambre le registre des inscriptions, point d'émission des ondes sonores que nous ne pouvions dominer, il est arrivé à faciliter l'exposé de vos travaux et à faire apprécier les avantages du silence relatif. Mais qu'il progresse sous l'effort accumulé des présidents ou qu'il soit acquis par hérédité, le genre de silence régnant parmi nous s'est discipliné. Il a appris à s'adapter aux circonstances, au point de renforcer, s'il se pouvait, le silence vrai, ce silence impressionnant que vous avez tous connu à vos heures, aux heures où *la science avance dans cette salle*, et où l'assistance suspendue aux lèvres de l'orateur témoigne par son mutisme de l'intensité de son émotion.

Alors vos voix s'élèvent, grâce au prodige des secrétaires perpétuels, et vont résonner sous toutes les latitudes où des savants se trouvent réunis, leur disant à la même heure, chaque semaine, avec le numéro hebdomadaire des *Comptes rendus* : voilà la part de la France au travail! Voilà ce que la France a fait cette semaine pour le progrès mondial! Et dans ce temps, où la science internationale va jusqu'à éblouir les foules, et transformer la civilisation par ses applications, la France garde à la fois son rang prééminent dans la production de l'énergie moderne et dans le développement de la science pure, de celle qui ne paiera que nos petits-fils, peut-être, mais sans laquelle il n'est plus de pas décisif en avant.

Dans l'accomplissement de la tâche si honorable que vous avez bien voulu me confier de présider à vos débats, je trouverai mon plus ferme appui dans les conseils dévoués qui m'entourent au Bureau; dans la collaboration affectueuse de M. Hamy que ses talents ont désigné pour la vice-présidence, dans l'expérience de nos éminents secrétaires perpétuels, dont

l'un dominant toujours son destin, donne en nos séances l'exemple inégalé d'une égale maîtrise dans les sciences mathématiques et dans les sciences physiques, étendant son universelle sollicitude à leurs progrès respectifs. Tandis que l'autre, entraîné aux antipodes par son amour de la science et l'honneur du marteau national a su, de si loin, faire vibrer, avec l'ombre de Boussingault, devant le public de notre séance annuelle, l'écho de nos gloires passées. Volontiers, nous lui écririons, comme jadis l'auteur des *Lettres d'Italie* : « J'ai lu avec très grand plaisir votre éloge, cela donne envie d'être mort, quand on est de vos amis », si nous n'avions encore plus envie d'entendre de sa bouche l'exposé de ses nouvelles et pacifiques conquêtes, en un autre hémisphère.

C'est confiant, mes chers Confrères, dans la constante bienveillance de l'Académie pour ses présidents, que je vous invite à reprendre vos travaux.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les moyennes des modules de fonctions analytiques.* Note [1] de M. **Gaston Julia.**

1. On sait que le maximum M d'une fonction $\varphi(x)$, positive et continue dans (a, b) est la limite, pour $p=+\infty$, de la moyenne, d'ordre positif p, de $\varphi(x)$ dans (a, b). J'ai montré, dans diverses Notes récentes, comment cette remarque pouvait être appliquée à la recherche de fonctions $f(z)$ holomorphes dans une aire, pour lesquelles le module $|f(z)|$ possédait une propriété de *plus petit maximum* caractéristique. En particulier je l'ai appliquée à l'étude des polynomes de Tchebichef et à l'étude des fonctions de la représentation conforme [2]. Les propriétés du maximum M de $|f(z)|$ dans une aire correspondent à des propriétés de la moyenne d'ordre p de $|f(z)|$ sur le contour de l'aire ou dans l'aire. Par exemple le théorème *des trois cercles* de M. Hadamard correspond au théorème *des trois cercles* de M. Hardy. En voici un nouvel exemple.

2. Schwarz a donné la proposition suivante dont l'utilité, pour le calcul de majorantes simples, a été très grande :

---

(1) Séance du 27 décembre 1926.

(2) Voir *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1201 et 1314; 183, 1926, p. 10.

Si $f(z)$ est holomorphe dans le domaine $|z| < 1$, et si, dans ce domaine $|f(z)| \leqq 1$, on a dans le même domaine $|f(z)| \leqq |z|$ dès que $f(0) = 0$, et l'égalité $|f(z)| = |z|$ n'est réalisée en un point du domaine que si

$$f(z) = az \qquad [|a| = 1].$$

Ceci est une propriété de $M(r) = \text{Max. de } |f(z)|$ dans $|z| \leqq r$, qu'on énonce ainsi :

Si $M(1) \leqq 1$, on a $M(r) \leqq r$ pour $r < 1$ dès que $f(0) = 0$.

Voici deux propriétés toutes pareilles pour les moyennes.

Posons

$$\mathfrak{M}(r) = \left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |f(re^{i\theta})|^p \, d\theta\right]^{\frac{1}{p}} \qquad \text{(moyenne d'ordre } p > 0 \text{ de } |f| \text{ sur } |z| = r)$$

et

$$\mathfrak{M}_1(r) = \left[\frac{1}{\pi r^2}\int_0 \rho \, d\rho \int_\rho^{2\pi} |f(\rho e^{i\theta})|^p \, d\theta\right]^{\frac{1}{p}} \qquad \text{(moyenne d'ordre } p > 0 \text{ de } |f| \text{ dans } |z| \leqq r.$$

La fonction $f(z)$ est supposée holomorphe pour $|z| < R$ et $f(z) = a_k z^k + \ldots$, en sorte que $z = 0$ est un zéro d'ordre k pour $f(z)$.

On a alors

$$\frac{\mathfrak{M}(r_1)}{\mathfrak{M}(r_2)} \leqq \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^k \qquad \text{pour} \qquad 0 < r_1 < r_2 < R.$$

De même

$$\frac{\mathfrak{M}_1(r_1)}{\mathfrak{M}_1(r_2)} \leqq \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^k \qquad \text{pour} \qquad 0 < r_1 < r_2 < R.$$

L'égalité n'est possible pour des valeurs r et r_2 distinctes que si $f(z) = a_k z^k$, a_k étant une constante,

La démonstration, très simple, résulte d'abord de ce que $[\mathfrak{M}(r) . r^{-k}]$, qui n'est autre que la moyenne, sur $|z| = r$ de la valeur absolue de la fonction holomorphe $[f(z) . z^{-k}]$, est une fonction croissante de r pour $0 < r < R$, qui n'est constante que si $[f(z) . z^{-k}]$ se réduit à une constante a_k : la croissance en r de la moyenne du module d'une fonction holomorphe est d'ailleurs établie par le théorème de M. Hardy lorsque la moyenne est prise sur $|z| = r$. En ce qui concerne $\mathfrak{M}_1(r)$ on remarque que l'on a

$$\mathfrak{M}_1^p(r) = 2r^{-2}\int_0^r \rho \, \mathfrak{M}^p(\rho) \, d\rho;$$

on en déduit que, $m(\rho) = \rho^{-kp} \mathfrak{M}^p(\rho)$ étant croissante en ρ et ayant une limite finie pour $\rho = 0$, la fonction $m_1(r) = r^{-kp} \mathfrak{M}_1^p(r)$: 1° aura pour $r = 0$

une limite égale à $m(0)[kp+2]^{-1}$; 2° sera croissante en même temps que $m(r)$; on montre enfin qu'elle ne sera constante que si $m(r)$ l'est aussi, c'est-à-dire si $f=a_k z^k$. Tout ceci résulte de l'étude de l'expression

$$m_1(r)=2r^{-kp-2}\int_0^r \rho^{kp+1}m(\rho)\,d\rho$$

et de sa dérivée.

Une deuxième démonstration peut s'obtenir en appliquant à $\mathfrak{M}(r)$ le théorème de M. Hardy, relativement à trois cercles, $0<r_3<r_1<r_2<R$, puis en faisant tendre r_3 vers zéro, en remarquant qu'alors $\mathfrak{M}(r_3)$ équivaut à $|a_k|r_3^k$.

Le même procédé réussit encore pour $\mathfrak{M}_1(r)$, à condition de montrer que le théorème des trois cercles de M. Hardy s'applique aux moyennes superficielles $\mathfrak{M}_1(r)$ comme aux moyennes linéaires $\mathfrak{M}(r)$. C'est ce qu'on peut faire aisément par un calcul simple qui revient, en somme, à démontrer ceci : « Lorsque la courbe $\xi=\log r$, $\eta=\log m(r)[0<r<R]$, tourne sa concavité vers les η positifs, et il en est de même de la courbe $\xi_1=\log r$, $\eta_1=\log m_1(r)$. »

3. Si $R=1$, et si l'on appelle moyennes de $|f(z)|$ sur $|z|=1$ ou dans $|z|\leqq 1$, les limites supposées finies de $\mathfrak{M}(r)$ et $\mathfrak{M}_1(r)$ pour $r=1$, on a le théorème :

Si $f(z)$ est holomorphe dans $|z|<1$, et admet l'origine pour zéro d'ordre k, et si $\mathfrak{M}(1)\leqq 1$, [ou $\mathfrak{M}_1(1)\leqq 1$], alors $\mathfrak{M}(r)\leqq r^k$, [ou $\mathfrak{M}_1(r)\leqq r^k$], ou encore si la moyenne de $|f|$ est inférieure ou égale à la moyenne de $|z^k|$ pour $|z|=1$, la moyenne de $|f|$ sera inférieure ou égale à la moyenne de $|z^k|$ pour $|z|=r$, quel que soit $r<1$. Les moyennes d'ordre $p>0$ sont prises sur $|z|=r$ ou dans $|z|\leqq r$. L'égalité des moyennes de $|f|$ et $|z^k|$ ne peut être réalisée pour une valeur de r que si $f=a_k z^k[|a_k|=1]$.

Ainsi énoncé, le théorème est tout à fait analogue à celui de Schwarz, et donne celui de Schwarz lorsque p tend vers $+\infty$.

4. Lorsqu'on remplace z^k par $\varphi(z)$, ayant les mêmes zéros que f dans $|z|<1$, on peut obtenir des généralisations du théorème précédent, analogues à celle que M. Jensen a donnée du théorème de Schwarz, mais moins simples d'énoncé, comme je le montrerai ailleurs.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Diverses formes cristallines des composés organiques à longue chaîne et difficultés d'interprétation de leurs spectres de rayons X.* Note [1] de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

Ayant enregistré au cristal tournant les spectres de préparations organiques orientées, j'ai constaté les faits suivants :

1° *Acide gras pur.* — L'acide stéarique fondu donne ordinairement un interstice $d = 39,9$ Å. Cependant en utilisant les orientations d'acide stéarique Poulenc résultant de l'évaporation d'une solution dans l'éther sur une lame de verre propre et sèche, j'ai obtenu une *double série de raies*, à ordres impairs renforcés, correspondant à deux interstices $d'_B = 44,6$ Å et $d_c = 40$ Å. La partie supérieure de la figure reproduit les deux spectres possibles de l'acide. Les acides gras purs peuvent donc cristalliser sous des formes diverses, avec des chaînes carbonées de longueurs différentes. Ces mêmes faits sont observés par Piper, Malkin et Austin [2] qui mesurent 40 et 44 Å pour les formes B et C de l'acide stéarique : ils trouvent même parfois une troisième forme cristalline A de 46 Å [3].

2° *Mélanges de corps gras.* — L'étude a porté sur le beurre de cacao pur et, comparativement, sur d'autres beurres (Illipé, Kayas, palmiste, succao) qui peuvent lui être frauduleusement incorporés. Les acides gras du beurre de cacao sont principalement l'acide stéarique (40 pour 100), puis les acides palmitique, oléique, arachidique. Ces beurres sont saponifiés et leurs acides extraits puis coulés sur des lames de verre où ils cristallisent.

a. Spectres des acides gras. — Les acides du beurre de cacao pur présentent de nombreuses raies à ordres impairs renforcés qui correspondent aux interstices $d_1 = 45,2$, $d_2 = 40,75$ Å (intensités respectives des raies réfléchies 5 et 10). Ceux-ci sont très voisins (quoique d'ordre d'intensité inverse) des interstices des formes B et C de l'acide stéarique. J'ai enregistré sur une même plaque les spectres superposés de l'acide stéarique pur et du mélange d'acides, ce qui met en évidence le faible décalage des raies (partie inférieure de la figure).

---

(1) Séance du 20 décembre 1926.

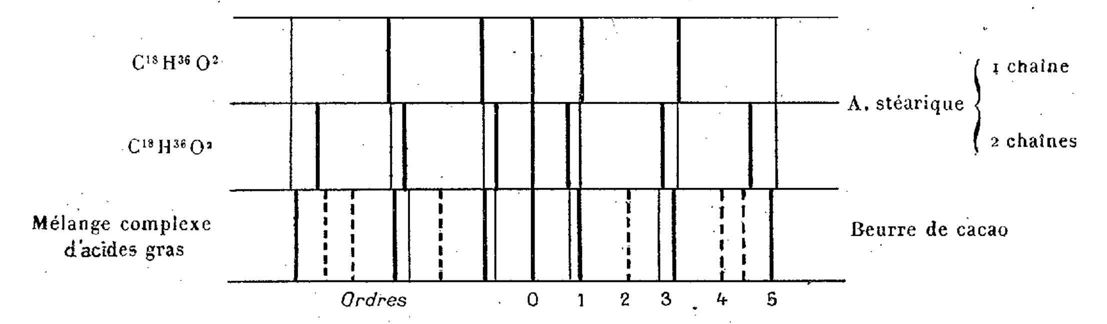
(2) *Journal of the Chem. Soc.*. 127, 1926, p. 2310.

(3) Sur un diagramme (Trillat, *Thèse*, p. 61) la longue chaîne B se place sur la droite des acides saturés *impairs*, tandis que la chaîne C se place sur la droite des acides pairs.

Les beurres d'illipé et de Kayas donnent un spectre d'acides identique à celui du cacao, par contre les acides du palmiste fournissent un spectre nettement différent :

$$d_1 = 37,2; \quad d_2 = 31,6 \text{ Å},$$

d'intensités respectives 3 et 5. Les acides du succao présentent l'interstice du cacao, plus un interstice différent qui permet la distinction. Donc sur presque tous ces



spectres nous retrouvons identiques les deux interstices du cacao : ceux-ci sont imputables à l'acide stéarique, constituant essentiel de ces matières. On remarquera que la présence d'autres acides a produit, dans le cas du mélange, un accroissement de la chaîne de cet acide de 0,7 Å environ.

b. Spectres des savons au plomb. — En coulant sur une lame de plomb polie les acides gras du beurre de cacao et en prenant le spectre des stratifications obtenues, on enregistre sept ordres successifs d'une même raie. L'aspect diffère totalement de celui des acides gras de la même substance. On n'observe plus ici le renforcement des ordres impairs caractéristique des spectres d'acides. C'est le spectre du savon au plomb résultant de l'attaque du support métallique de la préparation par le constituant prépondérant. On mesure pour l'interstice $d = 51,3$ Å, valeur en accord étroit avec celle donnée pour le stéarate de plomb (TRILLAT, *loc. cit.*, p. 75). On *n'observe pas* dans ce cas de déplacement de raies dû à l'hétérogénéité de la substance.

c. Spectres des beurres eux-mêmes. — Les beurres s'orientent très bien par fusion ou étalement sur une lame de verre et donnent un spectre caractéristique dû aux glycérides mixtes présentes (oléodistéarine).

Pour le beurre de cacao on mesure $d = 34,7$ Å tandis que le palmiste (spectre impair) donne $d_1 = 39$, $d_2 = 34,3$ Å. L'illipé a un spectre différent des précédents et moins intense.

Conclusion. — *a.* Le rapprochement des trois séries de spectres pris par les différents beurres permet (lorsque ces substances ne sont pas mélangées entre elles) de les distinguer les uns des autres. L'interprétation des raies est délicate à cause du fait suivant :

b. L'interstice *d* d'une substance organique orientable, pris comme caractère analytique, est sujet à variation, suivant l'origine, le mode de

préparation et — ce qui est plus grave — selon le degré de pureté de celle-ci. Lorsque la substance à analyser est un mélange de plusieurs corps semblables, ayant à peu près le même nombre d'atomes de carbone dans leurs molécules, la notion d'interstice perd une partie de sa valeur analytique, puisque sujette à variation, pour chaque constituant, en fonction du pourcentage.

Il semble que l'introduction d'atomes lourds dans la chaîne (formation de savons au plomb par exemple) donnerait plus de stabilité à l'interstice et serait par suite très recommandable dans cette méthode analytique.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Spectrographie de flammes dans un moteur à explosion.* Note (1) de MM. **A. Henne** et **G.-L. Clark**, présentée par M. G. Urbain.

La spectrographie des flammes dans un moteur à explosion a été récemment étudiée par Clark et Thee (2) dans une étude préliminaire. Ils ont reconnu que la nature des combustibles et le régime du moteur influençaient fortement la longueur des spectres dans l'ultraviolet.

Nous avons repris leur étude en en perfectionnant la technique et en limitant notre travail à l'étude de la relation qu'offre la longueur du spectre avec l'apparition du phénomène de « cognement ». Nous avons donc photographié l'explosion d'un moteur en régime normal, d'un moteur cognant fortement, puis utilisant des combustibles additionnés de corps connus comme antidétonants nous avons pu obtenir une troisième série de photographies. Nous avons comparé entre eux les trois sortes de résultats.

Appareillage. — Les expériences ont été faites à l'aide d'un monocylindre Delco, à compression variable, monté directement sur l'arbre d'une dynamo. Celle-ci, employée comme démarreur au début d'une expérience, sert de générateur d'électricité, le moteur à explosion une fois entraîné. L'utilisation d'un tableau de lampes et d'un rhéostat dans le circuit extérieur permet de modifier la puissance demandée au moteur à explosion : Dans la paroi du cylindre une fenêtre de quartz fondu permet d'observer l'explosion. La température du cylindre, contrôlée par un thermocouple, se règle par un courant d'air de vitesse variable. Le contrôle du cognement se fait à l'indicateur de Midgley et Boyd. Enfin pour pouvoir photographier telle partie de l'explosion que l'on désire, un obturateur réglable a été monté sur l'axe du moteur. Il permet d'obtenir, d'une partie très brève de l'explosion, des poses de

(1) Séance du 20 décembre 1926.

(2) Clark et Thee, *Industrial and Engineering Chemistry*, **18**, 1926, p. 528-531.

plusieurs heures. Nous avons utilisé un spectrographe à prisme de quartz, nous bornant à l'étude de l'ultraviolet.

Résultats : 1° *Explosion complète.* — Un moteur en régime normal offre un spectre d'explosion qui s'étend du visible jusqu'à environ 3400 Å. Si l'on exige, par exemple, une puissance trop considérable du moteur, il se met à cogner. Le spectre s'allonge dans l'ultraviolet; il atteint 2360 Å. Les seules bandes visibles sont 3064 Å et 2811 Å, toutes deux attribuables à la vapeur d'eau.

2° *Explosion photographiée en parties successives.* — Le jeu de l'obturateur permet d'obtenir les quatre quarts successifs de l'explosion. Les relations entre ces quatre spectres dépendent du régime du moteur.

a. En régime normal les quatre spectres sont sensiblement égaux en longueur (limite inférieure 3501 Å) et en intensité (faible maximum dans le deuxième quart). Seules les lignes dues aux métaux constitutifs de la bougie ont pu être relevées.

b. En régime cognant, le premier quart de l'explosion offre un spectre très intense et très allongé dans l'ultraviolet. Les limites en sont : le visible d'une part et 2360 Å de l'autre. Seules les bandes de la vapeur d'eau ont pu être caractérisées de manière sûre. Le second quart est moins intense et moins allongé vers les faibles longueurs d'ondes que le premier ; il ne dépasse pas 3064 Å. Les lignes de métaux signalées plus haut y sont nettes. Le troisième et le quatrième quart sont semblables, en longueur, à leur homologue du régime normal. Leur intensité est très faible.

c. Si l'on substitue au combustible d'un moteur qui cogne un combustible antidétonant, en prenant des précautions pour s'assurer que la disparition du cognement est effectivement due à l'utilisation du nouveau combustible, on observe que les quatre spectres sont analogues à ceux obtenus dans le cas du régime normal, et cela malgré que le moteur se trouve dans des conditions telles que la suppression de la substance antidétonante détermine aussitôt l'apparition d'un cognement intense. Les différentes substances utilisées ont été : le plomb tétraéthyl, l'iode, l'aniline et les carbures éthyléniques. Quoique bien différents ces quatre corps agissent de même sur le spectre. Il convient de noter que les lignes du plomb n'apparaissent que dans le premier quart de l'explosion.

Conclusions. — 1° Le cognement serait une libération brutale d'énergie, dont la presque totalité serait développée pendant le premier quart de

l'explosion. Une très faible proportion seulement serait mise en jeu pendant la deuxième moitié de l'explosion. 2° L'influence d'un corps antidétonant serait de régulariser l'explosion de manière que la quantité d'énergie libérée par unité de temps varie peu pendant la durée de combustion, ainsi que cela se passe dans un moteur en régime normal. 3° Le fait que les lignes du plomb n'apparaissent que dans le premier quart de l'explosion porte à croire que l'action des catalyseurs se produit uniquement au moment où la réaction se déclanche. 4° De nombreuses explications ont été proposées pour rendre compte du mode d'action des différents antidétonants. Admissibles pour un corps déterminé, aucune n'englobe l'ensemble des antidétonants, ni n'explique le fait que des corps de constitution analogue agissent différemment sur le cognement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs spécifiques d'une phase non condensée suffisamment refroidie.* Note [1] de M. **Nicolas Perrakis**, présentée par M. Jean Perrin.

Il est établi que les chaleurs spécifiques d'une phase condensée diminuent aux basses températures bien plus rapidement que la température elle-même. On peut donc considérer un intervalle de température (T_a, T_b) entre les bornes duquel les chaleurs spécifiques des solides et liquides soient pratiquement nulles. Cet intervalle pourra être assez étendu et sa borne inférieure T_a représentera une température assez basse mais *telle qu'une phase non condensée ne perde pas ses propriétés caractéristiques.*

Que deviennent les chaleurs spécifiques des gaz dans l'intervalle (T_a, T_b)? D'après les expériences d'Eucken [2] sur l'hydrogène, il semble que la chaleur moléculaire de ce gaz soit à température suffisamment basse voisine de 3 calories. Le même phénomène aurait été observé sur d'autres gaz, ce qui a permis à M. J. Perrin de généraliser (*Les Atomes*, p. 106). Des considérations thermodynamiques simples nous permettront de retrouver cette conclusion.

Considérons le rapport $\frac{L}{T}$, où L désigne la chaleur de vaporisation (ou de sublimation) d'un corps et T la température (absolue) à laquelle le phéno-

---

(1) Séance du 20 décembre 1926.

(2) A. Eucken, *Sitzungsber. kön. preuss. Akad. Wissenschaft.*, 10, 1912, p. 141.

mène a lieu. On sait que $\frac{L}{T}$ varie avec la température : $\frac{L}{T} = f(T)$. Si maintenant nous formons le quotient de la chaleur de vaporisation L d'un corps par sa température absolue d'ébullition T (à une pression donnée) nous écrirons la relation $\frac{L}{T} = \varphi(T)$, qui est connue sous le nom de règle de Trouton revisée [1].

La fonction $\varphi(T)$ a été étudiée d'une façon empirique par Nernst qui lui a donné la forme logarithmique :

$$\frac{L}{T} = \varphi(T) = k \log T. \tag{1}$$

La constante k déterminée avec précision par M. R. de Forcrand est 10,1 unités. Nous *admettrons* que les relations

$$f(T) = \varphi(T) \quad \text{et} \quad f'(T) = \varphi'(T)$$

sont vraies dans l'intervalle de température (T_a, T_b) précédemment défini. Par suite on écrira en différentiant la relation (1) et en multipliant par T :

$$f'(T) = \varphi'(T) = \left[\frac{dL}{dT} - \frac{L}{T}\right]_{(T_a,\, T_b)} = 4,39\,\frac{\text{cal.}}{\text{deg.}}.$$

Or la quantité $\frac{dL}{dT} - \frac{L}{T}$ est égale à la différence des chaleurs spécifiques des phases gazeuse et liquide limitées par la courbe d'équilibre. On écrira donc en désignant respectivement par σ_2 et σ_1 les chaleurs spécifiques des phases non condensée et condensée :

$$\left[\frac{dL}{dT} - \frac{L}{T}\right]_{(T_a,\, T_b)} = [\sigma_2 - \sigma_1]_{(T_a,\, T_b)} = 4,39\,\frac{\text{cal.}}{\text{deg.}}.$$

Or, dans l'intervalle (T_a, T_b), le terme σ_1 étant voisin de zéro, on aura

$$\left[\frac{dL}{dT} - \frac{L}{T}\right]_{(T_a,\, T_b)} = [\sigma_2]_{(T_a,\, T_b)} = 4,39\,\frac{\text{cal.}}{\text{deg.}}.$$

Il est permis de regarder la quantité $[\sigma_2]_{(T_a,\, T_b)}$ comme étant la chaleur spécifique à pression constante de la phase non condensée à ces températures suffisamment basses. En effet, si l'on admet le principe des états corres-

[1] On sait que Trouton avait posé $\frac{L}{T} = \text{const.}$ On a reconnu depuis que ce quotient varie avec la température.

pondants on admettra pour tous les corps la même courbe d'équilibre. En plus, si l'on considère une pression réduite π telle que cette pression soit une faible fraction de la pression critique (dans beaucoup de cas la pression atmosphérique peut être considérée comme telle) et si du point $(0, \pi)$ on mène une parallèle à l'axe des abscisses elle se confondra sensiblement avec la courbe d'équilibre qui aux températures suffisamment basses tend à devenir parallèle à l'axe des abscisses. Par suite il est possible de se déplacer sur la partie de la courbe d'équilibre correspondant aux basses températures sans changement notable de pression. Toutefois $\frac{dP}{dT}$ n'est pas nul, comme il arrive dans le voisinage immédiat du zéro absolu.

D'autre part, nous ne savons rien sur la nature de cette phase non condensée. Si nous convenons de la ranger parmi les gaz monoatomiques nous aurons sa chaleur spécifique à volume constant en divisant $[\sigma_2]_{(T_a, T_b)}$ par γ, rapport des chaleurs spécifiques, qui dans ce cas est égal à 1,65 environ. D'où

$$\frac{[\sigma_2]_{(T_a, T_b)}}{\gamma} = \frac{4,39}{1,65} = 2,66 \neq \frac{3}{2} R \frac{\text{cal.}}{\text{deg.}}.$$

Nous sommes donc arrivé, à l'aide des considérations fort simples et surtout à partir d'un point d'appui purement expérimental, à retrouver la conclusion que M. J. Perrin a tirée des expériences de M. Eucken et qu'on peut formuler ainsi : il *semble qu'on puisse admettre que tous les gaz suffisamment refroidis prennent la chaleur moléculaire des gaz monoatomiques.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires. Préparation et déshydratation de quelques α-alcoyl-α-phényléthanols.* Note [1] de Mme **Ramart-Lucas** et Mlle **Amagat**, présentée par M. Moureu.

Nous avons exposé [2] l'étude des produits de déshydratation d'un certain nombre de diarylalcoyl- et de diaryléthanols primaires. Si, pour les éthanols trisubstitués le départ d'une molécule d'eau avec formation de carbure éthylénique entraîne une transposition, il n'en est pas de même pour les alcools primaires disubstitués.

Nous avions constaté que la déshydratation des α-diaryléthanols était accompagnée d'une migration d'un des radicaux sans qu'on puisse d'ailleurs

[1] Séance du 20 décembre 1926.

[2] Mme Ramart-Lucas et Mlle Amagat, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 899.

déterminer lequel subit la transposition

$$\begin{matrix}Ar\\Ar'\end{matrix}\!>\!CH.CH^2OH \rightarrow ArCH=CH-Ar'.$$

Il ne nous a pas été possible de mettre en évidence la formation du carbure $\begin{matrix}Ar\\Ar'\end{matrix}\!>\!C=CH^2$ qui devrait se faire normalement.

Dans la série grasse, l'alcool isobutylique [le seul alcool de ce type dont on ait à notre connaissance étudié la déshydratation ([1])] conduit à un mélange de deux carbures

$$(CH^3)^2CH.CH^2OH \begin{cases}\rightarrow CH^3CH=CH.CH^3 & (II)\\ \rightarrow (CH^3)^2C=CH^2 & (I)\end{cases}$$

Il se fait deux parties du premier pour une partie du second.

Nous avons étendu notre étude aux α-alcoyl-α-phényléthanols :

$$\begin{matrix}C^6H^5\\R\end{matrix}\!>\!CH.CH^2OH \quad \text{dans lesquels} \quad R=CH^3,\ CH^3CH^2,\ (CH^3)^2CH,\ C^6H^5CH^2.$$

L'exposé de ce travail fera l'objet de la présente Note.

Dans tous les cas observés il se fait comme dans la série grasse un mélange de deux carbures, mais ici c'est le carbure éthylénique disubstitué symétrique qui domine de beaucoup :

$$\begin{matrix}C^6H^5\\R\end{matrix}\!>\!CH.CH^2OH \rightarrow C^6H^5CH=CHR \quad \text{accompagné d'un peu de} \quad \begin{matrix}C^6H^5\\R\end{matrix}\!>\!C=CH^2.$$

En résumé, dans la série grasse (isobutylcarbinol) c'est le carbure normal qui se fait en majeure partie. Si l'on remplace un radical gras par un radical aromatique c'est au contraire le carbure de transposition qui se forme principalement. Enfin, ainsi que nous l'avons déjà vu, les α-diaryléthanols ne donnent naissance qu'au carbure éthylénique substitué symétrique :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!>\!CH.CH^2OH \begin{cases}\rightarrow CH^3CH=CH-CH^3\\ \rightarrow (CH^3)^2C=CH^2 \quad \text{(en majeure partie)}\end{cases}$$

$$\begin{matrix}Ar\\R\end{matrix}\!>\!CH.CH^2OH \begin{cases}\rightarrow ArCH=CH.R \quad \text{(en majeure partie)}\\ \rightarrow \begin{matrix}Ar\\R\end{matrix}\!>\!C=CH^2\end{cases}$$

$$\begin{matrix}Ar'\\Ar\end{matrix}\!>\!CH.CH^2OH \rightarrow ArCH=CH-Ar' \quad \text{(presque exclusivement)}$$

([1]) Konovalof, *Bull. Soc. chim.*, 2e série, 34, 1880, p. 333.

Nous nous proposons de continuer cette étude dans la série grasse sur les homologues de l'isobutylcarbinol afin de déterminer si la formation du carbure symétrique est favorisée plutôt par le poids moléculaire des radicaux ou par leur nature.

La déshydratation des α-alcoyl-α-aryléthanols a été faite par la chaleur en présence d'agglomérés de terre d'infusoires.

Les carbures ont été identifiés par leurs produits d'oxydation. Ils n'ont pas donné de nitrosites ni de nitrosates, quelques-uns donnent un bromure cristallisé, ce qui a permis de les comparer aux mêmes dibromures préparés par une méthode différente.

Au cours de ce travail nous avons préparé les composés suivants qui n'avaient pas encore été signalés ou qui avaient été obtenus par des méthodes différentes :

Phényl-2-propanol-1 $\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>CH\,CH^2OH$. — Obtenu [1] par réduction de l'amide correspondante au moyen du sodium et de l'alcool; il bout à 112° sous 12mm.

Éthylphénylacétamide $\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3CH^2 \end{matrix}\!\!>CH\,CO\,NH^2$. — Se forme par l'action de SO^4H^2 à 85 pour 100 sur le nitrile correspondant. P. F., 84°-85°; P. E., 185° sous 16mm.

Phényl-2-butanol-1 $\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3CH^2 \end{matrix}\!\!>CH\,CH^2OH$. — S'obtient par réduction de l'amide précédente. P. E., 120°-121° sous 15mm.

Phényl-2-amino-1-butane $\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3CH^2 \end{matrix}\!\!>CH - CH^2NH^2$. — Se forme comme produit secondaire dans la réduction de l'éthylphénylacétamide. P. E., 110° sous 13mm. Le chlorhydrate fond à 156°.

Phénylisopropylacétamide $\begin{matrix} C^6H^5 \\ (CH^3)^2CH \end{matrix}\!\!>CH - CO\,NH^2$. — S'obtient comme son homologue inférieur en hydratant par SO^4H^2 le nitrile correspondant. P. F., 110°.

Phényl-2-méthyl-3-butanol-1 $\begin{matrix} C^6H^5 \\ (CH^3)^2CH \end{matrix}\!\!>CH - CH^2OH$. — C'est le produit de réduction de l'amide précédente. Il bout à 130° sous 15mm.

Phényl-2-méthyl-3-amino-1-butane $\begin{matrix} C^6H^5 \\ (CH^3)^2CH \end{matrix}\!\!>CH - CH^2NH^2$. — Il se forme à côté de l'alcool précédent lors de la réduction de l'amide, en très petite quantité. P. F. du chlorhydrate, 128°.

Diphényl-2.3-propanol-1 [2] $\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5CH^2 \end{matrix}\!\!>CH\,CH^2OH$. — Se prépare en réduisant l'amide correspondante.

---

[1] Déjà obtenu par une tout autre méthode par M. TIFFENEAU, *Ann. Phys. Chim.*, 8e série, **10**, 1907, p. 352.

[2] Déjà obtenu par une tout autre méthode par FREUND REWRE, *Ber.*, **23**, 1890, p. 2863.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide paraxylylallylacétique et sa cyclisation en dérivés tétrahydronaphtaléniques. Préparation d'une nouvelle diméthylnaphtaline.* Note (¹) de MM. **G. Darzens** et **A. Heinz**, présentée par M. Moureu.

L'un de nous (²) a donné une nouvelle méthode de synthèse de l'α-méthylnaphtaline, qui repose sur la cyclisation de l'acide benzylallylacétique en acide tétrahydrométhylnaphtalènecarbonique.

En vue de généraliser cette réaction, nous avons entrepris la préparation de toute une série d'homologues de l'acide benzylallylacétique, afin de rechercher s'ils étaient susceptibles de subir la même cyclisation amenant à des homologues nouveaux, tant dans la série tétrahydronaphtalénique que dans la série naphtalénique.

Dans cette voie, nous nous sommes d'abord adressés à des homologues par substitution dans le noyau benzénique du groupe benzyl, et nous donnons ici les résultats de ces recherches avec l'acide paraxylylallylacétique, qui nous a permis de préparer une diméthylnaphtaline non encore connue : la 1.7-diméthylnaphtaline.

Le point de départ de ce travail est l'éther *p*-xylylmalonique, que nous avons préparé aisément par la technique suivante, qui évite l'emploi de grandes quantités d'alcool absolu, généralement utilisé dans ces sortes de préparations :

Dans un ballon en relation avec un réfrigérant ascendant, on introduit d'abord 700^g de toluène sec, 180^g de malonate d'éthyle (théorie 160), 23^g de sodium et 50^g d'alcool absolu. Le sodium ne tarde pas à se dissoudre, grâce à la petite quantité d'alcool jouant le rôle de catalyseur, et il se forme l'éther malonique sodé, *soluble dans le toluène*. Cette première réaction terminée, grâce à un léger chauffage, on ajoute, après refroidissement complet, une molécule de chlorure de paraxylyle, soit 140^g,5.

La réaction a lieu lentement à froid, et, au bout de 48 heures, on l'achève par une ébullition d'une demi-heure. La masse est alors traitée par l'eau acidulée, pour dissoudre le chlorure de sodium formé, lavée avec soin, séchée sur sulfate de soude, puis distillée sous pression réduite, pour éliminer d'abord le toluène, puis distiller le *p*-xylylmalonate d'éthyle, qui distille à 179-180° sous 20^{mm}.

Le rendement est d'environ 160^g, soit 60 pour 100 de la théorie.

(¹) Séance du 20 décembre 1926.

(²) G. Darzens, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 748.

Nous avons ensuite allylé cet éther xylylmalonique par l'action du bromure d'allyle sur son dérivé sodé en solution toluénique, en utilisant la même technique, ce qui nous a donné le *p*-xylylallylmalonate d'éthyle.

Cet éther, de poids moléculaire élevé, se décomposant partiellement par la distillation dans le vide, nous l'avons saponifié de suite par la soude, sans chercher à le purifier davantage par distillation fractionnée, ce qui nous a donné l'acide malonique correspondant. Cet acide chauffé et distillé dans le vide nous a enfin donné, par perte d'acide carbonique, l'acide *p*-xylylallylacétique, liquide incolore et visqueux, distillant à 180° sous 20^{mm}, et dont l'éther méthylique distille à 146-150° sous 15^{mm}.

Cet acide a alors été soumis à l'action de trois fois son poids d'acide sulfurique à 78 pour 100, en vue de le cycliser, et le produit de cette réaction, faite à froid, a été traité de la même manière que cela a été fait pour son homologue inférieur, l'acide benzylallylacétique.

Comme nous nous y attendions, nous avons obtenu d'une part un acide diméthyltétrahydronaphtalènecarbonique, et d'autre part une xylylvalérolactone, corps qui se forment en proportions à peu près égales, et auxquels il convient de donner les formules :

CH^2
$CH—CO^2H$
$CH^3—$ CH^2
CH
CH^3

$CH^3—C_6H_4—CH^2—CH—CH^2—CH—CH^3$
CO ———— O

La *p*-xylylvalérolactone est une huile incolore, à faible odeur balsamique, distillant à 187° sous 15^{mm}.

L'acide diméthyltétrahydronaphtalènecarbonique est un corps solide, blanc, fondant à 142-144°, après cristallisation dans l'acide acétique; son éther méthylique est liquide et distille à 172° sous 15^{mm}.

En le chauffant dans le vide avec un excès de soufre, on le déshydrogène facilement et l'on obtient l'acide diméthylnaphtalènecarbonique correspondant, qui fond à 217°, et dont l'éther méthylique fond à 68-69°, et distille à 199-201° sous 15^{mm}.

Enfin cet acide décarboxylé, par chauffage dans le vide, en présence d'un excès de chaux, donne une diméthylnaphtaline dont la structure se déduit

de ces diverses transformations représentées par les formules :

$$CH^3-C_6H_3\langle CH(CH^3)-CH^2-CH(CO^2H)-CH^2 \rangle \rightarrow CH^3-C_{10}H_5(CH^3)-CO^2H \rightarrow CH^3_{(6)}-C_{10}H_6-CH^3_{(4)} \text{ ou } CH^3_{(7)}-C_{10}H_6-CH^3_{(1)}$$

Cette diméthylnaphtaline [(4.6) ou (1.7)] est un liquide légèrement ambré, d'une forte odeur naphtalénique distillant à 147-149°, sous 15^{mm}, et donnant un picrate jaune orangé, fondant à 123-124°.

Ce point de fusion du picrate est très voisin de celui du picrate de la diméthylnaphtaline, de constitution inconnue, qui a été extraite du pétrole de Bornéo, et qui se trouverait ainsi être la diméthylnaphtaline-1.7 ([1]).

Dans l'impossibilité de nous procurer cet hydrocarbure, nous ne pouvons que présumer son identité avec la diméthylnaphtaline-1.7 que nous venons de préparer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du nitrométhane et de ses homologues sur le benzile*. Note ([2]) de M. **Itizo Kasiwagi**, transmise par M. Paul Sabatier.

Le nitrométhane sodé, ainsi que ses homologues, réagit sur le benzile, en scindant celui-ci entre les deux carbonyles suivant la formule

$$C^6H^5.CO.CO.C^6H^5 \rightarrow C^6H^5.CO - + C^6H^5.CO -$$

Ce phénomène est tout à fait opposé au cas de la camphoquinone ([3]), qui se condense simplement en

$$C^8H^{14}\langle \begin{matrix} CO \\ | \\ C = CH.NO^2 \end{matrix} \quad \text{ou} \quad C^8H^{14}\langle \begin{matrix} CO \\ | \\ C \end{matrix} \langle \begin{matrix} OH \\ CH^2.NO^2 \end{matrix}$$

Une molécule de nitrométhane sodé réagit sur une de benzile en milieu alcoolique

([1]) Jones et Wooton, *Journal of the Chemical Society of London*, 91, 1907, p. 1149.

([2]) Séance du 20 décembre 1926.

([3]) Forster et Withers, *Journal of the Chemical Society*, 101, 1912, p. 1331 et 1332.

avec dégagement de chaleur, en donnant du benzoate d'éthyle et une poudre blanche dont la solution aqueuse donne, par un acide minéral de nitro-ω-styrol cristallisé jaune et du phényl-1-nitro-2-éthanol, aisément déshydratable en nitrostyrol.

La réaction peut se formuler sans doute comme ci-dessous :

$$C^6H^5.CO.CO.C^6H^5 + CH^2{:}NO^2Na + C^2H^5.OH \rightarrow \begin{array}{l} C^6H^5.C\begin{cases} OH \\ CH{=}NO^2Na \end{cases} \\ \quad | \\ C^6H^5.C\begin{cases} OH \\ O.C^2H^5 \end{cases} \end{array}$$

corps intermédiaire qui se scinde en benzoate d'éthyle et les deux corps

$$C^6H^5.CH\begin{cases} OH \\ CH{=}NO^2Na \end{cases} \quad \text{et} \quad C^6H^5.CH{=}C{=}NO^2Na$$

qui, par un acide, donnent

$$C^6H^5.CH(OH).CH^2.NO^2 \quad \text{et} \quad C^6H^5.CH{=}CH.NO^2.$$

Avec le nitréthane sodé, la réaction marche de façon tout à fait différente. En opérant similairement (au bain-marie pendant 2 jours), on obtient le benzoate d'éthyle (près de la moitié de la quantité employée de benzyle), mais pas de produit de condensation. La poudre blanche qui s'est formée pendant la réaction des deux corps l'un sur l'autre contient de l'azote, et du sodium (19 pour 100 environ), et donne de l'acide benzoïque, en la décomposant par un acide minéral. L'eau mère réduit le nitrate d'argent ammoniacal, elle forme avec de l'iode de l'iodoforme *à froid*, dont l'odeur est remplacée *à chaud* par une odeur désagréable; elle donne l'odeur agréable de l'acétate d'éthyle quand on la chauffe avec de l'alcool, après l'avoir oxydée avec de l'eau oxygénée, etc.

Ces faits concordent avec la supposition que la benzaldéhyde *à l'état naissant* a été oxydée aux dépens du nitréthane qui devient à son tour de de l'acétaldéhyde (ou son oxime) [1] :

$$C^6H^5.CO.CO.C^6H^5 + CH^3.CH{:}NO^2Na + C^2H^5.OH \rightarrow \begin{array}{l} C^6H^5.C\begin{cases} O\,Na \\ O.NO = CH.CH^3 \end{cases} \\ \quad | \\ C^6H^5.C\begin{cases} OH \\ OC^2H^5 \end{cases} \end{array}$$

corps intermédiaire qui se scinde en

$$\rightarrow C^6H^5.CO\,OC^2H^5 + C^6H^5.C\begin{cases} O\,Na \\ O \\ O \end{cases}\!\!\!>NH = CH.CH^3$$

[1] MEYER et JACOBSON, *Lehrbuch der organischen Chemie*, **1**, partie I, p. 404.

Ce dernier, par un acide minéral, donne

$$C^6H^5.CO\,OH + HO\,N = CH.CH^3.$$

Cette scission n'a pas lieu au moyen de l'éthylate de sodium en milieu alcoolique (¹) ni au moyen de l'amidure de sodium en milieu benzénique (²), mais il se produit généralement la transformation benzilique.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la modification apportée à une courbe de fréquence par la superposition d'une variation sinusoïdale à la variabilité accidentelle.* Note de M. **G. Rempp**, présentée par M. Bigourdan.

La variabilité accidentelle de la température est très faible, en été, au Spitzberg; en outre, les courbes de fréquence (moyennes diurnes ou températures observées toutes les heures) suivent d'assez près, dans leur partie médiane, la courbe de Laplace-Gauss. Les observations exécutées de 1912 à 1916 à Greenharbour fournissent respectivement, pour l'écart probable η des moyennes diurnes et pour l'écart probable η' des températures observées à chaque heure, les valeurs suivantes : juillet, $\eta = 1°,03$, $\eta' = 1°,30$; août, $\eta = 1°,10$, $\eta' = 1°,38$.

Dans quelle mesure la différence entre η et η' s'explique-t-elle par la variation diurne de la température, et dans quelle mesure faut-il conclure à une augmentation de la variabilité accidentelle?

Désignons par $\overline{\theta}$ les moyennes diurnes, par N leur nombre, par Θ leur moyenne (températnre normale du mois) et admettons que la courbe de fréquence des θ soit une courbe de Laplace-Gauss caractérisée par l'écart probable η. L'équation de cette courbe est

$$NF(\overline{\theta}) = Ce^{-z^2}, \qquad \text{où} \qquad C = \frac{Nq}{\eta\sqrt{\pi}}, \qquad z = (\overline{\theta} - \Theta)\frac{q}{\eta}, \qquad q = 0,47693, \ldots.$$

Considérons maintenant des jours où $\overline{\theta}$ ait une même valeur $\overline{\theta}_1$. Nous admettons une variation diurne purement sinusoïdale, d'amplitude a et soustraite à l'action du hasard d'une manière absolue. Nous admettons en outre que la température soit observée à des intervalles égaux et très rapprochés et que les observations soient rangées dans un

(¹) Scheuing, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 57, 1924, p. 1963.
(²) Voir *Bulletin de la Société chimique de France*, 4ᵉ série, 31, 1922, p. 1141.

ordre croissant. Nous désignons par $Ni(\theta_1)$ le nombre des observations comprises entre $\theta = -\infty$ et $\theta = \theta_1$. Le nombre des observations ayant donné des températures situées dans un petit intervalle $\Delta\theta$ est proportionnel au temps que la température aura mis pour traverser cet intervalle ; en outre $Ni(\theta)$ ne doit avoir des racines réelles que pour $\bar{\theta}_1 - a \leq \theta \leq \bar{\theta}_1 + a$ et doit être nul pour $\theta = \bar{\theta}_1 - a$. Ces considérations conduisent à l'égalité

$$Ni(\theta) = \frac{N}{\pi} \arcsin \frac{\theta - \bar{\theta}_1}{a} + \frac{N}{2},$$

d'où nous tirons la courbe de fréquence :

$$Nf(\theta) = \frac{d\,Ni(\theta)}{d\theta} = \frac{N}{\pi} \frac{1}{\sqrt{1 - x^2}}, \qquad x = \frac{\theta - \bar{\theta}_1}{a},$$

Envisageons à présent un grand nombre de jours, dont les températures moyennes $\bar{\theta}$ sont réparties suivant une courbe de Laplace-Gauss ; examinons les observations poursuivies à courts intervalles pendant tous ces jours et, de ce qui précède, déduisons leur courbe de fréquence $N\Phi(\theta)$. La courbe $\Phi(\theta)$ sera la moyenne d'une famille de courbes $F(\theta - Ax)$, où x prendra toutes les valeurs comprises entre -1 et $+1$, et où le poids qui sera donné à chaque courbe individuelle sera proportionnel à $f(x)$. Nous obtenons :

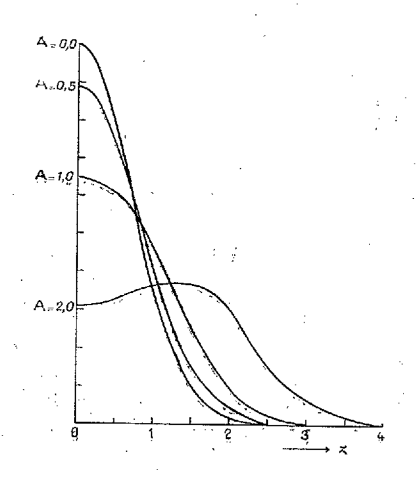
$$N\Phi(\theta) = C \frac{1}{\int_{-1}^{+1} f(x)\,dx} \int_{-1}^{+1} f(x)\, e^{-(z-Ax)^2}\,dx$$

$$= C \frac{1}{\pi} \int_{-1}^{+1} \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} e^{-(z-Ax)^2}\,dx, \qquad \text{où} \qquad A = a\frac{q}{\eta}.$$

Les valeurs de l'intégrale, pour des valeurs données de z (ou $\bar{\theta}$) et A (ou a), peuvent être déterminées à l'aide du planimètre. En effet, si nous portons en abscisses les quantités $(\arcsin x) : \pi$ et en ordonnées les quantités $e^{-(z-Ax)^2}$, l'aire limitée par cette courbe, par les deux ordonnées $x = -1$ et $x = +1$ et par l'axe des abscisses est proportionnelle à $N\Phi(\theta) : C$.

La figure représente les moitiés des courbes $N\Phi(\theta) : C$ en fonction de z pour $A = 0$ (courbe de Laplace-Gauss), $A = 0,5$, $A = 1$ et $A = 2$. La forme des courbes pour $A = 0,5$ et $A = 1$ est encore sensiblement celle d'une courbe de Laplace-Gauss. Pour $A = 0$, l'écart probable est $\eta = q = 0,477$. Appelons η' les valeurs de cet écart pour $A \neq 0$; le planimètre nous donne respectivement les valeurs suivantes : $\eta' = 0,536$, $0,717$ et $1,307$. Des observations du Spitzberg, on déduit $\eta : \eta' = q : 0,602$ (juillet) et $\eta : \eta' = q : 0,599$ (août), d'où l'on tire par interpolation graphique : $A = 0,7$ environ ou $a = 1°,5$ à $1°,6$.

L'amplitude réellement observée est un peu plus petite; l'analyse harmonique donne pour l'oscillation fondamentale $a_1 = 1°,19$ (juillet) et $1°,26$ (août); la première harmonique est négligeable (amplitude $a_2 = 0°,1$ à $0°,2$).



Pour que ces amplitudes de $1°,19$ et $1°,26$ conduisent respectivement à $\eta' = 1°,30$ (juillet) et $1°,38$ (août), il faut partir de $\eta = 1°,16$ et $1°,24$, au lieu des valeurs réellement observées $\eta = 1°,03$ et $1°,10$. On voit donc que la différence entre la courbe de fréquence des moyennes diurnes et celle des valeurs horaires est due, pour moitié, à l'excès de variabilité que cette variation entraîne.

Il me paraîtrait intéressant d'appliquer cette méthode aux observations d'une station où la température présenterait une variabilité accidentelle aussi faible qu'au Spitzberg en été et une variation diurne beaucoup plus forte. Il importerait peu d'ailleurs que cette variation fût ou non sinusoïdale. Il apparaît en effet d'une manière évidente que la méthode graphique utilisée pour la détermination numérique de $\Phi(\theta)$ s'appliquerait facilement même au cas où $i(\theta)$ serait donné par une courbe empirique quelconque.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la persistance du caractère précocité aux diverses époques de l'année.* Note (¹) de M. **Pierre Lesage.**

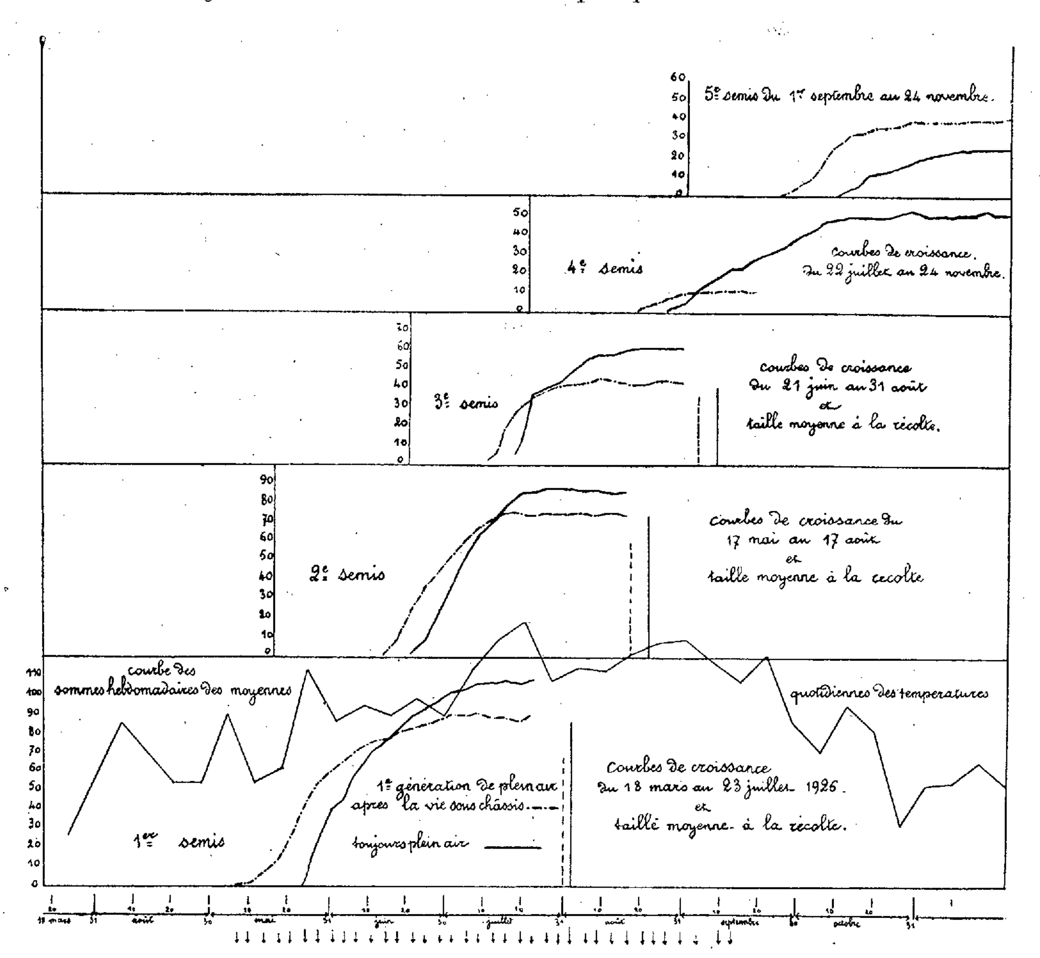
Des graines de Cresson alénois mûries sous châssis, dans certaines conditions, semées en plein air à Rennes, produisent des plantes précoces. La précocité est héritable au moins jusqu'à la cinquième génération de plein air après la vie sous châssis; elle est due à des causes peut-être multiples mais dont la principale est certainement la chaleur. Je me suis demandé si cette précocité qui ne semble pas s'atténuer ou s'atténue très peu de la première à la cinquième génération ne serait pas influencée d'une manière appréciable par les variations thermiques du milieu. Parmi les méthodes naturelles qui se présentent à l'esprit pour étudier cette influence, on peut en citer trois plus ou moins bien utilisables. Elles consistent à cultiver la forme normale et la variété précoce pendant la même période : 1° à des stations de latitudes différentes; 2° à des stations d'altitudes diverses; 3° à la même station, mais à des périodes différentes de la même année.

J'ai essayé la troisième méthode en faisant, de mars à novembre, sept semis successifs de graines des mêmes plantes de 1925 et qui m'ont donné, en 1926, des plantes de première et de cinquième génération en plein air après la vie sous châssis, et des plantes contemporaines toujours de plein air.

La photographie ci-contre représente, pour les cinq premiers semis, les courbes de croissance de la plante normale et seulement de la plante en première génération de plein air après la vie sous châssis, la cinquième génération fournissant des courbes comparables sinon tout à fait superposables à celles de cette première génération. Pour comparer les variations de la croissance à celles de la chaleur, j'ai ajouté une courbe, allant du 18 mars au 24 novembre, des sommes hebdomadaires des moyennes quotidiennes des températures, au lieu de la courbe de ces moyennes qui aurait compliqué la figure sans donner une notion beaucoup plus utile ou plus vraie des variations thermiques.

(¹) Séance du 27 décembre 1926.

Plusieurs remarques intéressantes peuvent être tirées de l'observation de ces courbes; je me contenterai d'en citer quelques-unes.



D'abord l'allure générale de ces courbes, au moins pour les trois premiers semis, est celle que j'ai déjà signalée et qui montre la précocité accompagnée d'un rendement final plus faible (¹).

Ensuite les périodes de végétation correspondant aux dates des semis (18 mars, 17 mai et 21 juin) ne paraissent pas modifier beaucoup les rapports de la variété précoce avec la plante normale. En revanche elles modifient

---

(¹) Pierre Lesage, *Sur la précocité provoquée et héritée dans le* Lepidium sativum *après la vie sous châssis* (*Rev. gén. de Bot.*, **38**, 1926, p. 65-85 et 3 fig.).

ces deux plantes en même temps et de la même manière : quand la température augmente, la durée de la période végétative diminue et il en est de même pour le rendement si on le représente par la moyenne de la taille à la récolte.

Je ne puis m'arrêter au quatrième semis parce qu'il a beaucoup souffert de la chaleur excessive de fin juillet, d'août, de septembre, et de l'influence d'autres facteurs dont il m'est difficile de faire la part en ce moment.

Le cinquième semis, encore en voie de développement, nous annonce quelques modifications peut-être nouvelles, que je signalerai plus tard, quand elles seront bien caractérisées.

Dans ces cinq semis, le caractère précocité se conserve aussi bien en cinquième qu'en première génération de plein air après la vie sous châssis, accusant ainsi une hérédité marquée de ce caractère acquis.

Quant aux sixième et septième semis faits le 30 septembre et le 4 novembre, ils sont en voie d'évolution très lente et n'annoncent encore rien de spécial en dehors d'un retard sur tous les autres semis.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur deux types de structure unifaciale de la feuille chez des* Senecio *malgaches.* Note (1) de M. **Henri Humbert**, présentée par M. H. Lecomte.

Deux *Senecio* malgaches de la section *Kleinoidei* D. C. (2), groupe homogène de xérophytes à feuilles succulentes, persistantes, sont à signaler comme exemples inédits et différents de *structure foliaire unifaciale*, rarissime chez les Dicotylédones : *S. crassissimus* Humb., où cette structure résulte d'un *aplatissement bilatéral* parallèle au plan de symétrie de la feuille; *S. Decaryi* Humb., où elle résulte d'un *aplatissement dorsiventral*, perpendiculaire au plan de symétrie. La morphologie et l'anatomie comparées expliquent le processus de différenciation, à partir d'une structure bifaciale normale.

La feuille de *S. crassissimus* (*fig.* 7), subverticale, subsessile, offre un bord inférieur entier et un bord supérieur parfois 1.3-denté; son profil est

(1) Séance du 27 décembre 1926.

(2) Voir H. Humbert, *Les Composées de Madagascar* (*Mém. Soc. linn. de Normandie*, 25, 1923, p. 1-336 et 6 pl.). C'est notre paragraphe 17 du genre *Senecio* qui correspond à la section *Kleinoidei* DC.

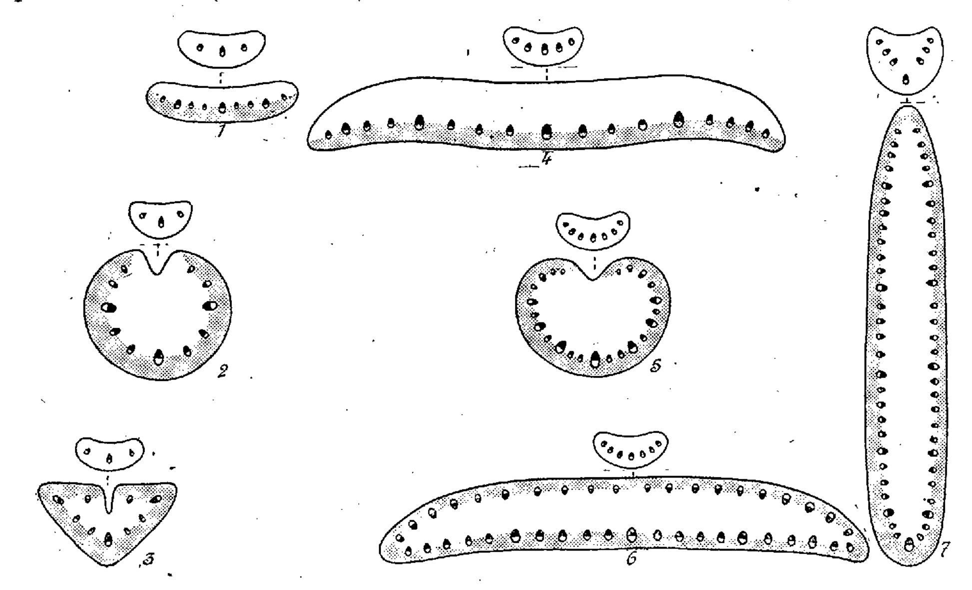
asymétrique, à peu près obovale ou oblancéolé, acuminé. Elle emprunte au rameau 7 faisceaux libéro-ligneux. La coupe transversale, à la base, est celle d'un pétiole à face supérieure canaliculée; l'ensemble des faisceaux dessine un V, dont la pointe est marquée par un faisceau médian. Plus haut, la coupe s'allonge dans le plan de symétrie : elle est rubanée, arrondie aux deux bords extrêmes; les faisceaux se mutiplient, surtout les plus éloignés du faisceau médian, qui suit le bord inférieur; ils sont plusieurs dizaines de chaque côté, anastomosés de proche en proche; ils jalonnent, à partir du faisceau médian, deux lignes longuement parallèles arrivant près du bord supérieur, où il n'y a pas de faisceau impair; le parenchyme aquifère, vers lequel sont orientés tous les pôles ligneux, sépare ces deux lignes, que le chlorenchyme enveloppe; l'épiderme est uniformément stomatifère, excepté aux bords. Sauf à la base, les deux flancs de la feuille correspondent donc aux deux moitiés de la face inférieure d'un limbe plié en long; le bord supérieur, aux deux marges externes affrontées, ce que confirme la présence fréquente de dents (1) sur ce seul bord.

La feuille de *S. Decaryi* (*fig.* 6), horizontale, subsessile, oblancéolée, acuminée, entière, emprunte au rameau 7 faisceaux. La coupe, à la base, est celle d'un pétiole à face supérieure déprimée ; l'ensemble des faisceaux, dont l'un est médian, dessine un arc à convexité inférieure. Plus haut, la coupe s'élargit perpendiculairement au plan de symétrie et devient rubanée, arrondie à chaque bout ; l'arc se ferme en anneau aplati, offrant, comme le contour de la coupe, deux lignes parallèles ; l'une, inférieure, présente à mi-longueur le faisceau médian et de chaque côté quelques gros faisceaux peu ramifiés; l'autre, supérieure, est jalonnée par des faisceaux anastomosés provenant de ramifications répétées des faisceaux marginaux ; le parenchyme aquifère, vers lequel sont orientés tous les pôles ligneux, est circonscrit par cet anneau, que le chlorenchyme entoure ; l'épiderme est uniformément stomatifère, excepté le long des faisceaux. Sauf à la base, la structure de cette lame foliaire est donc celle d'un limbe dont les deux bords seraient rabattus et affrontés longitudinalement à la place de la face supérieure.

Les *Kleinoidei* malgaches offrent divers degrés de différenciation de la

(1) Comme en offre parfois la feuille, normale, bifaciale, de *S. barorum*, espèce du même groupe. Outre les considérations de morphologie et d'anatomie comparées résumées plus loin, c'est une raison pour considérer cette lame foliaire comme un limbe et non comme un phyllode.

structure foliaire. Celle-ci est nettement bifaciale (parenchyme aquifère au-dessus des faisceaux normalement disposés, chlorenchyme au-dessous), chez *S. mesembrianthemoides* (*fig.* 1) et *S. cyclocladus*, où les faisceaux sont peu nombreux (3 à la base), chez *S. melastomæfolius* (*fig.* 4), *S. vernicosus*,



S. latibracteatus, *S. barorum*, où ils sont plus nombreux (5 ou 7 dès la base) [1]. A partir de ces deux cas voisins, les autres espèces forment deux séries à peu près homologues où s'accuse la prédominance de la face inférieure du limbe. La première série comprend *S. canaliculatus* (*fig.* 2) à feuille cylindracée, *S. monocephalus* (*fig.* 3) et *S. hirto-crassus*, à feuille triquètre; chez ces trois *Senecio*, la face supérieure est réduite à un étroit sillon. Dans l'autre série, *S. Antandroi* (*fig.* 5) à feuille cylindracée, avec face supérieure réduite aussi à un sillon, permet de passer directement au cas de *S. Decaryi* (*fig.* 6) par compression dorsiventrale, et à celui de *S. crassissimus* (*fig.* 7) par compression bilatérale [2].

---

(1) La feuille n'emprunte que 3 faisceaux au rameau dans toutes les espèces citées, sauf *S. crassissimus* et *S. Decaryi*; mais ici leur subdivision est immédiate.

(2) Chaque numéro de figure correspond à deux schémas de coupes transversales, l'une à l'extrême base de la feuille, l'autre à mi-longueur. Les figures 1, 2, 3, 5 sont grossies six fois; les figures 4, 6, 7, trois fois. Les dimensions relatives des faisceaux ont, en outre, été exagérées. Le chlorenchyme est indiqué par un fond grisé. Les canaux sécréteurs extérieurs aux faisceaux ont été négligés.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'oxydation microbienne du soufre au cours de l'ammonisation.* Note [1] de M. **G. Guittonneau**, présentée par M. Lindet.

J'ai montré [2] que, dans un milieu de culture liquide qui reste neutre ou qui devient alcalin, certaines espèces microbiennes (groupe I) peuvent, en se développant, déterminer une solubilisation du soufre à l'état d'hyposulfites, tandis que d'autres espèces (groupe II) sont capables de transformer ces hyposulfites en sulfates [3].

Une étude plus approfondie m'a fait voir que les espèces du groupe II sont incapables d'ammoniser la peptone d'une manière appréciable, tandis que celles du groupe I, au contraire, possèdent à un haut degré le pouvoir d'effectuer cette ammonisation.

J'ai alors recherché comment se comportent vis-à-vis du soufre un certain nombre de micro-organismes, ordinairement classés parmi les ammonisateurs les plus actifs, et capables de se développer en milieu largement aéré, dans une solution nutritive dont j'ai déjà indiqué la composition [4]. Cette solution nutritive ne renfermait que de la peptone comme source d'azote et comme aliment organique, et elle était additionnée de soufre précipité.

Dans de telles conditions :

1° Beaucoup d'ammonisateurs ont produit des hyposulfites en quantités d'ailleurs très variables suivant les espèces. Tel a été le cas pour *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus mycoïdes*, *Bacterium coli*, *Proteus vulgaris*, *Actinomyces griseus*.

2° Les ammonisateurs précédents, qui n'accumulaient que des hyposulfites dans leur solution nutritive lorsqu'ils étaient en culture pure, y faisaient au contraire apparaître des sulfates lorsqu'à leur action on superposait celle d'un autre organisme tel que la bactérie que j'ai antérieurement et provisoirement désignée par le symbole b_2 [5]. Je dois rappeler que cette bactérie b_2 est incapable d'agir sur le soufre par ses propres moyens, mais qu'elle peut transformer en sulfates les hyposulfites déjà formés.

3° Certaines moisissures, comme *Sterigmatocystis nigra*, ont produit

(1) Séance du 20 décembre 1926.
(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1142.
(3) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 261.
(4) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1144.
(5) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 262.

directement des sulfates aux dépens du soufre, tandis que d'autres, comme *Penicillium glaucum*, ont donné simultanément de petites quantités de sulfates et d'hyposulfites.

Le tableau suivant résume les résultats d'une série d'expériences; S^2O^2 et SO^3 formés aux dépens du soufre au bout d'une période de 40 à 50 jours y sont exprimés en milligrammes pour 100$^{cm^3}$ du liquide de culture à l'état de concentration où il se trouve en fin d'expérience.

	Cultures pures.		Cultures en association avec b_2.	
	S^2O^2.	SO^3.	S^2O^2.	SO^3.
Bacillus subtilis..........	7,2	0	0	55
Bacillus mesentericus.....	64,8	0	0	120
Bacillus megatherium.....	213,6	0	43	171
Bacillus mycoïdes........	28,8	0	0	quantité importante (¹)
Bacterium coli...........	16,8	0	0	48
Proteus vulgaris.........	16,8	0	0	51
Actinomyces griseus......	64,8	0	0	151
Penicillium glaucum......	12	31	0	48
Sterigmatocystis nigra....	0	58	0	48

Ces données expérimentales n'excluent pas la possibilité de la formation d'autres composés du soufre que ceux qui ont été mis en évidence dans les conditions de mes recherches. Mais leur ensemble suffit à montrer que les ammonisateurs qui tendent à alcaliniser les milieux où ils désagrègent une matière protéique peuvent, en même temps, y faire apparaître les radicaux acides S^2O^2 et SO^3 lorsque cette désagrégation se fait en présence du soufre. Il en est ainsi lorsque les ammonisateurs agissent seuls ou lorsqu'ils travaillent en association avec certaines autres espèces microbiennes analogues à celle que j'ai désignée par b_2. Les équilibres entre les acides et les bases qui s'établissent à chaque instant dans un milieu où l'ammonisation est active ne seront donc pas les mêmes en présence ou en absence de soufre, et l'on conçoit que, toutes choses égales d'ailleurs, la production ou les pertes d'ammoniaque puissent, de ce fait, différer dans les deux cas. Des expériences actuellement en cours me permettront de préciser ultérieurement ce point.

(¹) Dans cette culture, SO^3 n'a pas été dosé.

MICROBIOLOGIE — *Le Spirochète du Pian* (Spirochæta pertenuis); *sa coloration.* Note (¹) de **M. J. Sabrazès**, présentée par M. H. Vincent.

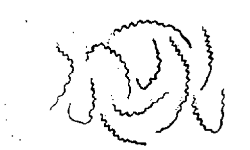
Nous avons pu étendre au Pian nos recherches sur la chromophilie comparée des Spirochètes (²) et étudier la sérosité recueillie, après scarification de papules pianiques, dans deux cas provenant, l'un d'un enfant couvert de papules pianiques, au troisième mois de la maladie; l'autre d'un malade plus récent, atteint de larges papules généralisées.

Nous avons soumis les frottis non colorés aux diverses épreuves de chromophilie comparée des Spirochètes et Spironèmes que nous avons proposées.

Bleu de méthylène à 1 pour 500 et bleu de toluidine phéniqué sous lamelle, sur frottis desséchés, ne nous ont pas montré le Spirochète : il est chromophobe à l'égard de ces bleus, de même que le Spirochète de la syphilis.

On peut le mettre en évidence par la technique suivante. Les frottis étalés en couche très mince, sur lames bien dégraissées, doivent être désséchés par agitation à l'air. On les fixe par la chaleur; la température de chauffe ne doit pas dépasser 70°. On colore ensuite par le liquide de Ziehl en chauffant assez longtemps et prudemment, sans dépasser 50 à 60°. Il faut éviter que les Spirochètes se détachent pendant la manipulation; de même pendant les lavages.

Notre procédé — mordançage par la chaleur, liquide de Ziehl fort, à



Reichert. — Oc. 4, obj. im. $\frac{1}{12}$.

chaud, lavage à l'eau, huile de cèdre sous lamelle, après dessiccation — montre très bien les spirochètes du Pian, dans ces préparations. Sa gracilité, ses très nombreux tours de spire (jusqu'à 20, 21) frappent immédiatement (voir la figure).

(¹) Séance du 17 décembre 1926.

(²) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 874 et 1052.

Le procédé de Fontana-Tribondeau renforcé par le Ziehl le montre plus épais.

Cette technique permet une plus exacte définition morphologique de *Spirochæta pertenuis*. Celle de Fontana-Tribondeau avec ou sans Ziehl, et surtout après Ziehl, le rend très apparent, mais ne permet pas d'en faire les mensurations précises.

Notre procédé peut rendre des services dans le diagnostic du Pian, si répandu sous les tropiques.

La séance est levée à 16^h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 15 novembre 1926.)

Note de M. *E.-F. Collingwood*, Un théorème sur les fonctions entières d'ordre fini :

Page 847, ligne 4, la première intégrale doit se lire $\int_0^r$.

Page 848, formule (3), *lire*

$$\varlimsup_{r=\infty} \frac{N(r, f-x)}{\varphi(r, f)} < 1; \tag{3}$$

fin du théorème I, *lire* $\mu < 1 - \frac{\rho}{\sigma}$; formule (5), *lire*

$$\gamma \geqq 1 - \frac{\rho}{\sigma}. \tag{5}$$

Page 849, théorème II, *lire*

$$\varlimsup_{x=\infty} \frac{N(r, f-x)}{H(\rho)\, m\left(r^{\frac{1}{H(\rho)}}, f\right)} \geqq 1.$$

Note de M. *E. Chemin*, Une nouvelle espèce de *Colaconema* sur *Asparagopsis hamifera* Okam :

Pages 901 et 902, au lieu de *Asparagopsis*, lire *Asparagopsidis*.
Page 902, ligne 10, *au lieu de* filament particulier, *lire* filament articulé.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JANVIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le regret de faire part à l'Académie du décès survenu le 6 janvier à Paris, à l'âge de 81 ans, de M. **Antoine Balland**, Correspondant pour la section d'Économie rurale.

Élève en 1865 de la vieille École du Service de santé militaire de Strasbourg, Balland, comme tant de ceux sortis de cette maison illustre, servit avec honneur son pays dans la science et dans l'armée. Convaincu que le motif seul fait le mérite des actions des hommes, il trouva le plus noble motif à son activité dans le bien qu'il pouvait faire à l'armée, en même temps qu'en servant la science. C'est à elle qu'il consacra son effort d'Entre-deux-guerres, de Forbach et Gravelotte où il débuta comme aide-major, à Paris, où il reprenait en 1914 son poste de pharmacien principal de l'armée.

La portée de ses études sur les blés, les farines, le pain, principal aliment de l'homme, fixa dès l'abord sur lui l'attention du monde savant, qui fut frappé des résultats extrêmement importants et utiles qu'elles fournissaient à l'économie alimentaire et à l'hygiène. La pratique d'ailleurs a su en tirer un parti avantageux; elle a appris de lui, à mieux conserver ses blés et farines, à améliorer ses moutures, à perfectionner la panification, comme à apprécier et à classer les blés et les vins d'Algérie, ainsi que divers produits de nos colonies propres à l'alimentation.

Nous lui sommes redevables de travaux analytiques très étendus sur les principales denrées consommées par l'homme ou les animaux domestiques,

et d'avoir mis à leur véritable point leur valeur alimentaire et les différences qu'elles présentent suivant leur provenance.

Ainsi, la santé publique et l'agronomie ont grandement profité des applications des connaissances théoriques de Balland.

Les industries du cuir, de l'aluminium lui doivent également beaucoup. Cette dernière, de nos jours, si florissante en France, ne prit son essor que quand notre confrère eut fait connaître dans l'étude qu'il vous présenta en 1892 les qualités de ce métal si injustement déprécié.

En outre de ses recherches de science appliquée et des nombreux travaux originaux dont l'influence fut si féconde dans le domaine des matières alimentaires, Balland s'est assuré, par des publications très documentées sur la pharmacie militaire et les pharmaciens de l'armée, une place éminente et spéciale parmi les historiens.

Par ses services brillants, ses remarquables travaux de laboratoire, ses recherches d'érudit, Balland laisse des titres multiples à la reconnaissance publique.

J'ai encore le pénible devoir d'adresser, au nom de l'Académie, un dernier hommage à la mémoire de M. **Haton de la Goupillière**, doyen des membres libres et doyen de notre Académie, mort à Pau le 7 janvier à l'âge de 93 ans.

Né à Bourges le 28 juillet 1833, Haton passa par l'École Polytechnique, et en sortit dans le corps des mines en 1852, où il prit la tête de sa promotion.

Presque aussitôt après sa nomination comme ingénieur des mines, il fut nommé professeur à l'École qui l'avait formé. Il devait lui vouer une inviolable fidélité, puisqu'il lui resta attaché 33 ans comme professeur, 13 ans comme directeur, pour ne la quitter qu'en 1901 où il prit la présidence du Conseil général des mines. Il révéla lui-même, le jour où il prit sa retraite, quelle avait été la profondeur de son attachement à l'École des mines : « Je l'ai véritablement épousée pour un demi-siècle cette noble école, disait-il, ce foyer de lumière et de science, d'honneur et de camaraderie. »

Cette union féconde devait donner le jour à cette phalange d'hommes d'action que nous avons connue, hardis explorateurs, chefs de grandes industries, ingénieurs chargés du contrôle des travaux publics ou de la conduite des travaux ou des affaires, et qui maintiennent dans le monde entier le bon renom de l'École. Haton trouvait sa joie et sa récompense dans les

gloires qui sortaient de ses mains, sous les aspects si variés que présente le métier si attachant de mineur. Dans cette lutte pour la gloire toutefois, nul ne devait apporter plus de variété que lui, puisqu'on l'y vit passer des mathématiques à la mécanique, de la science pure à la grande industrie, visitant les mines et codifiant en quelque sorte les méthodes de leur exploitation.

Dès sa sortie de l'École, Haton de la Goupillière se fit remarquer par sa production scientifique, et notre Recueil des Savants étrangers s'ouvre largement au mathématicien et au physicien.

Parmi ses études de géométrie et de physique mathématique, citons son Mémoire sur les développoïdes avec application du calcul des différences mêlées, ainsi qu'un autre travail sur la similitude en thermologie où il témoignait d'une grande sagacité.

Dans le domaine de la Mécanique, il se classa au premier rang dès la publication de son Traité général des mécanismes et des résistances passives qui affectent leur jeu. Dans ce Traité la classification est faite, non plus à la manière de Lanz et Betancourt, d'après le mouvement absolu des pièces, mais d'après les mouvements relatifs de plusieurs sortes qui s'opèrent à leur jonction, ce qui conduit à grouper les analogies les plus essentielles. Cette vue lucide des choses a conduit l'auteur à beaucoup de résultats remarquables qui ont été introduits dans l'enseignement de l'École polytechnique.

Outre cette classification rationnelle, l'ouvrage de Haton présente plusieurs théories qui lui appartiennent en propre. Telles sont celles des roues de Rœmer, des poulies dont les axes ne sont pas dans un même plan, des secteurs complémentaires pour changement brusque de vitesse, d'une rainure elliptique nouvelle pour le mouvement sinusoïdal, etc. Il les envisage non seulement au point de vue cinématique, mais aussi au point de vue dynamique, en tenant compte des résistances.

Nous rappellerons encore sa théorie nouvelle de la géométrie des masses, ses recherches relatives aux problèmes inverses de ceux que l'on considère ordinairement pour le centre de gravité, ses formules nouvelles pour le mouvement des figures planes, ses mémoires sur les brachistochrones.

Mais progressivement, la tendance de son esprit le porte davantage sur ce qui pouvait conduire à des résultats utiles; et dans le domaine pratique des applications de la Science à l'art des mines, il acquit une égale renommée parmi les exploitants qui ont profité de ces découvertes et parmi les juges autorisés qui les répandaient par leurs analyses et leurs traduc-

tions en diverses langues. Ses études sur l'emploi des câbles coniques pour les puits à grande profondeur ont rendu des services signalés; ses travaux si estimés sur le grisou ont été le point de départ de cette grande Commission du grisou que les recherches de nos confrères Mallard, Le Chatelier et leurs successeurs ont rendu fameuse.

Les formules analytiques de Haton, relatives à la répartition de la richesse dans les filons métallifères, ses exposés sur les progrès de l'exploitation et leurs méthodes dont il dégageait les idées fondamentales, son rare talent d'exposition, ont assuré le succès de son œuvre la plus répandue dans le public et la plus importante peut-être : son cours d'exploitation des mines. La clarté de ses exposés est restée proverbiale parmi les vingt-neuf générations d'élèves qui ont suivi ce cours et fourni tant de chefs distingués à nos compagnies minières.

C'est après cette vie si pleine de labeur incessant, avant de voir diminuer ses puissantes facultés intellectuelles et physiques, que notre confrère se décida à prendre quelque repos, loin des mines, loin de nous. C'est sous un ciel plus doux qu'il vient de s'éteindre dans sa 93e année.

Depuis des années déjà il avait cessé d'assister à nos séances et beaucoup d'entre nous ne l'ont même pas connu. Sa pensée cependant nous restait attachée, et l'an passé encore il redisait hautement son amour pour la Science, et son regret que ses 92 ans l'empêchassent de se jeter dans la mêlée pour elle, et pour sa foi, si indissolublement alliées en son âme.

Je lève la séance en signe de deuil.

ALGÈBRE ET CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les systèmes de formes linéaires à déterminant symétrique gauche et la théorie générale du jeu.* Note (1) de M. **Émile Borel**.

Dans deux Notes récentes j'ai indiqué un problème d'algèbre qui se pose à propos des systèmes d'équations linéaires à déterminant symétrique gauche d'ordre impair auxquels on est conduit par la théorie générale du jeu. Diverses communications que j'ai reçues à propos de ces Notes, et notamment une intéressante lettre de M. E. B. Schieldrop, m'ont convaincu que j'avais eu tort de ne pas rappeler avec précision le problème de la

(1) Séance du 4 janvier 1927.

théorie du jeu auquel se rapportent ces systèmes; en me contentant de renvoyer à mes publications antérieures, j'ai rendu difficile la tâche de mes lecteurs et je ne les ai pas suffisamment mis en garde contre certaines solutions banales qui doivent être écartées. Aussi voudrais-je revenir une dernière fois sur ce sujet, en m'efforçant d'éclaircir les difficultés qui m'ont été signalées.

1. Considérons deux joueurs A et B qui jouent à un jeu parfaitement symétrique [1]. Admettons qu'il existe pour ce jeu n manières de jouer C_1, C_2, ..., C_n. Chacune de ces manières de jouer est un code plus ou moins complexe fixant la conduite du joueur dans toutes les circonstances possibles du jeu, circonstances dont nous supposons le nombre total fini. Lorsque le joueur A adopte le code C_i et le joueur B le code C_k, le gain probable de A à chaque partie est désigné par a_{ik}; la symétrie du jeu entraîne les relations

$$a_{ik} + a_{ki} = 0.$$

Supposons maintenant que les joueurs A et B varient secrètement leurs manières de jouer, les probabilités respectives pour qu'ils adoptent le code C_i dans une partie donnée étant x_i et y_i. Le gain probable de A sera alors, pour chaque partie,

$$G = a_{ik} x_i y_k,$$

les indices i et k étant des indices de sommation.

2. Nous dirons que la *tactique* d'un joueur A consiste à choisir une fois pour toutes les probabilités x_i; le problème qui se pose est le suivant : le joueur B peut-il choisir une tactique, c'est-à-dire choisir les y_k, de telle manière que le joueur A, s'il connaît cette tactique, ne puisse cependant pas adopter de son côté une tactique rendant G positif ? Si ce choix pour B est impossible, la conclusion sera que tout joueur A qui connaîtra la tactique de son adversaire gagnera sûrement à la longue et que par suite le seul moyen pour B de ne pas perdre est de varier constamment les probabilités y_k, c'est-à-dire d'avoir une tactique incohérente ou tout au moins constamment influencée par l'idée qu'il se fait de la tactique de A.

---

(1) Il existe fort peu de jeux entièrement symétriques, une légère dissymétrie existant presque toujours au début du jeu. Pour appliquer nos considérations à un jeu tel que les échecs, par exemple, il faudrait convenir de considérer comme une partie unique l'ensemble de deux parties successives, dans lesquelles le trait appartient alternativement à l'un et à l'autre joueur. Le jeu ainsi défini est parfaitement symétrique.

3. Pour choisir entre les deux alternatives précédentes, on observe que la valeur de G s'écrit

$$G = x_i Y_i$$

en posant

$$Y_i = a_{ik} y_k.$$

Si l'on peut trouver des valeurs positives non toutes nulles des y_k annulant tous les Y_i, ces valeurs annulent G quels que soient les x_i et le joueur B est sûr de ne pas perdre; il rend le jeu équitable en choisissant ces valeurs des y_k.

Si de telles valeurs des y_i annulant tous les Y_i n'existent pas, on peut rechercher des valeurs des y_i, les unes nulles et les autres positives, annulant certains des Y_i; on peut observer alors ([1]) que l'on a, quel que soit i,

$$y_i Y_i = 0$$

dans le cas où les Y_i *non nuls sont tous de même signe*. S'il n'en était pas ainsi, en effet, l'hypothèse $x_i = y_i$, qui annule identiquement G, devrait en même temps donner à G le signe commun des Y_i non nuls, ce qui est contradictoire.

4. Le problème qui se pose est donc le suivant : *déterminer les* a_{ik} *tels que, quels que soient les* y_i *positifs ou nuls, il y ait des* Y_i *non nuls et n'ayant pas tous le même signe*. Dès lors, le joueur A peut, en choisissant convenablement les x, donner à G le signe qu'il veut, c'est-à-dire gagner sûrement en moyenne. Ce problème, insoluble ([2]) pour $n = 3$ et $n = 5$, me paraît être également insoluble pour $n = 7$; il serait intéressant, soit de démontrer qu'il est insoluble en général, soit d'en donner une solution particulière.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème de probabilités géométriques relatif au cercle.* Note de M. ÉMILE BOREL.

Lorsqu'on recherche les probabilités pour qu'un segment, dont les deux extrémités sont choisies au hasard à l'intérieur d'un cercle de rayon R, soit

---

([1]) Voir mes *Éléments de la Théorie des probabilités*, 3e édition, p. 213 (Paris, Hermann, 1924).

([2]) Voir le livre cité.

inférieur à ε, on trouve (¹)

$$P = \frac{\pi\varepsilon^2 + \alpha(R^2 - \varepsilon^2) - \sin\alpha\left(R^2 + \frac{\varepsilon^2}{2}\right)}{\pi R^2},$$

l'angle α étant déterminé par la relation

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{\varepsilon}{2R}.$$

Lorsque ε, et par suite α, est infiniment petit, la différence $\alpha - \sin\alpha$ est du troisième ordre, comme le produit $\alpha\varepsilon^2$; on trouve dès lors aisément que la partie principale (²) de P est

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R^2}\left(1 - \frac{4}{3}\frac{\alpha}{\pi}\right),$$

les termes négligés étant du cinquième ordre en ε.

Cette formule peut s'écrire, en négligeant toujours les termes du cinquième ordre,

$$P = \frac{1}{S^2}\left(\pi S\varepsilon^2 - \frac{2}{3}L\varepsilon^3\right)$$

en désignant par S la surface du cercle et par L la longueur de sa circonférence. Elle est identique, aux termes du cinquième ordre près, à la formule que l'on obtiendrait en traitant le cercle comme un polygone convexe dont le nombre des côtés augmenterait indéfiniment. Les termes en ε^5, qui n'apparaissent pas dans la formule relative à un polygone convexe, tiennent à ce que, pour un tel polygone, la formule simple (³) n'est exacte que si ε est assez petit pour qu'un segment de longueur ε mené par un sommet à l'intérieur du polygone soit entièrement intérieur au polygone ; or, quelque petit que soit ε, cette hypothèse cesse d'être vérifiée lorsque le nombre des côtés du polygone augmente indéfiniment ; d'où le terme correctif en ε^5 qui apparaît en même temps que disparaît dans le cas du cercle le terme en ε^4 dépendant des angles du polygone, terme dont le coefficient tend vers zéro lorsque tous les angles du polygone tendent vers π.

(¹) Voir mon *Traité du Calcul des probabilités* (Gauthier-Villars, 1925), 1, fascicule I, p. 78.

(²) La première formule de la page 79 du Traité cité doit être corrigée.

(³) Voir, *loc. cit.* p. 87, dernière ligne. Dans cette dernière formule s'est glissée une erreur d'impression $\left(\frac{3}{2}\text{ au lieu de }\frac{2}{3}\right)$, erreur qui se corrige d'ailleurs aisément d'après tout le contexte.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur un pendule libre entretenu par un courant photo-électrique et sur son application au problème de l'Heure.* Note de MM. **G. Ferrié** et **R. Jouaust.**

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons attiré l'attention sur les erreurs que peut provoquer la distribution, dans les divers locaux d'un observatoire, des indications d'une pendule au moyen des courants établis par la fermeture d'un contact chaque fois que le balancier passe dans le même sens par sa position d'équilibre. Les irrégularités inévitables des organes du mouvement d'horlogerie provoquant cette fermeture entraînent des inégalités des intervalles de temps séparant deux fermetures consécutives, qui peuvent atteindre et même dépasser le centième de seconde.

Nous avons essayé tout d'abord de remédier à cet inconvénient en remplaçant les courants électriques dus aux fermetures successives du contact, par les courants engendrés au moyen du dispositif suivant : un miroir porté par le balancier refléchit un rayon lumineux sur une cellule photo-électrique chaque fois que le balancier passe par la verticale. Le courant ainsi engendré par la cellule est ensuite convenablement amplifié par des lampes à 3 ou 4 électrodes.

Une des pendules du Bureau International de l'Heure, placée dans les caves de l'Observatoire de Paris, a été munie d'un tel dispositif. Les courants photo-électriques amplifiés étant enregistrés sur un appareil à noir de fumée en même temps que les oscillations d'un diapason entretenu électriquement sans contact, nous avons mesuré, avec l'aide de M. Jules Baillaud, les intervalles de temps séparant les enregistrements consécutifs de ces courants. Les inégalités de ces intervalles ont été trouvées sensiblement moindres que dans le cas des courants produits par la fermeture d'un contact électrique, mais elles atteignaient encore parfois 6 ou 7 millièmes de seconde, certaines d'entre elles ayant une périodicité de l'ordre de la minute.

Il nous a donc paru possible de conclure que la suppression complète des inégalités des durées des secondes données par une pendule comportant un mouvement d'horlogerie n'est pas pratiquement réalisable.

Nous avons ensuite repris l'étude du pendule libre entretenu par courant

---

([1]) G. Ferrié et R. Jouaust, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1145.

photo-électrique dont nous avons déjà indiqué le mode de fonctionnement dans la Note mentionnée plus haut. Un nouveau modèle de ce pendule a été construit par la Maison Brillié, dans lequel nous avons apporté un certain nombre d'améliorations. La principale est relative au procédé permettant de ne laisser agir le courant dans la bobine d'entretien qu'une fois sur deux. Au lieu de faire couper pendant une demi-période, par la pendule auxiliaire synchronisée, le courant plaque des lampes du dernier étage de l'amplificateur du courant photo-électrique, nous avons muni cette dernière pendule d'un contact électrique commandant un obturateur qui masque pendant une demi-période le rayon lumineux qui doit agir sur la cellule photo-électrique après réflexion sur le miroir du balancier du pendule libre.

Nous avons également disposé la partie optique de l'appareil de façon à rendre aussi rapide que possible l'établissement du courant photo-électrique. Celui-ci étant enregistré dans ces conditions sur un appareil à noir de fumée en même temps que les vibrations d'un diapason, et l'examen des bandes étant fait au moyen d'une machine à diviser, il est possible de déterminer à quelques dix-millièmes de seconde près l'instant où le courant prend naissance.

Le pendule libre a été mis en fonctionnement à plusieurs reprises pendant une durée de l'ordre d'une dizaine d'heures consécutives, et nous avons effectué des enregistrements à différents instants pendant cette durée. Il nous a été possible de vérifier ainsi la constance de l'intervalle de deux enregistrements consécutifs de courant, *à un millième de seconde près*, résultat que nos expériences précédentes nous avaient déjà laissé prévoir.

Le pendule libre, auto-entretenu par courant photo-électrique, constitue donc bien, comme nous l'avions annoncé, une sorte de diapason susceptible de battre avec une très grande régularité, pendant plusieurs heures tout au moins, une période voisine de la seconde, et capable de permettre d'effectuer, avec une précision non encore atteinte auparavant, la comparaison des diverses pendules d'un observatoire soit entre elles, soit à des émissions radiotélégraphiques horaires.

La commande directe des émissions radiotélégraphiques horaires a pu également être réalisée au moyen de ce pendule. Il nous a suffi pour cela d'intercaler dans le circuit d'entretien du pendule le relais qui commande, de l'Observatoire de Paris, le poste émetteur de la Tour Eiffel.

Les signaux radiotélégraphiques ainsi émis étaient enregistrés au Bureau International de l'Heure, en même temps que les courants photo-électriques amplifiés qui les provoquaient. La régularité de l'intervalle de ces signaux

était moins bonne que celle des courants photo-électriques, les écarts de durée atteignant parfois 3 millièmes de seconde au lieu de 1 millième. Ce fait n'a rien de surprenant car 3 relais (2 Baudot et 1 Creed) doivent être successivement mis en jeu pour provoquer l'émission radiotélégraphique. Ces écarts sont d'ailleurs très inférieurs à ceux qui existent dans les émissions actuelles et qui atteignent souvent le centième de seconde.

NOMINATIONS.

M. **Louis Lumière** est désigné pour faire partie du jury chargé de décerner le *prix Jean Barès* à l'Office national des recherches et des inventions.

PLIS CACHETÉS.

M. **Marcel Jobelot** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 8 février 1926 et enregistré sous le n° 9636.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note intitulée *Les sondages aérologiques. Le gonflement automatique des ballons-pilotes et des ballons-sondes*.

(Renvoi à l'examen de M. Lecornu.)

CORRESPONDANCE.

M. **Henry de Varigny** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. **Jules Baillaud** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *fondation Loutreuil*.

M. le **Recteur de l'Université de Louvain** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter aux fêtes du cinquième Centenaire de la fondation de cette Université, qui auront lieu le mardi 28 et le mercredi 29 juin 1927.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Scientific Papers, by the late Shizuwo Sano.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur les groupes de quaternions hamiltoniens.* Note [1] de M. **L.-Gustave Du Pasquier.**

L'arithnomie du corps $\{H\}$ des quaternions hamiltoniens à coordonnées rationnelles est en rapport avec certains groupes et avec la factorisation des termes de certaines progressions arithmétiques d'ordre supérieur. Pour déterminer tous ces groupes, nous avons cherché la forme la plus générale qu'il convient de donner à quatre quaternions linéairement indépendants, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, pour que les quaternions

$$m_1 Q_1 + m_2 Q_2 + m_3 Q_3 + m_4 Q_4 \tag{1}$$

se reproduisent par addition, soustraction et multiplication, quand m_1, m_2, m_3 et m_4 prennent indépendamment l'un de l'autre toutes les valeurs entières de $-\infty$ à $+\infty$ [2]. Ces groupes se répartissent en deux catégories. La première comprend 256 classes ou types d'anneaux de quaternions, désignés par $\{D_0\}$. Leur base générale est

$$\begin{aligned} Q_1 &= 1, \\ Q_2 &= a a_1 a_2 a_3 f_1 h_1 h_2^2 n . i_1, \\ Q_3 &= \frac{g a_2}{a a_1} i_1 + \frac{bch}{a a_1} i_2, \\ Q_4 &= \frac{d}{a a_2 h_2 n} i_1 + \frac{cf}{a a_3 b_3 h_2 n} i_2 + \frac{c h_1}{a_2 a_3 b n} i_3. \end{aligned}$$

Les quatorze nombres entiers a, a_1, a_2, ..., n sont soumis aux conditions

---

(1) Séance du 24 décembre 1926.

(2) Voir notre Note dans ces *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 465.

que voici : 1° Le produit $aa_1 a_2 a_3 bcf_1 hh_1 h_2 n$ est différent de zéro; 2° les cinq fractions figurant dans Q_3 et Q_4 sont toutes irréductibles; de plus, on peut supposer

$$(a \mid a_3) = (a_2 \mid a_3 b) = (bc \mid f_1) = (h_2 \mid a_1 a_2 a_3 b) = 1,$$

où $(x \mid y)$ désigne le plus grand commun diviseur de x et de y; 3° les nombres $g_1, g_2, \ldots, g_6$ étant entiers, il faut encore que

$$\begin{aligned}
b^2 c^2 h^2 + a_2^2 g^2 &= g_1 . a^2 a_1^2 h_2^2,\\
a_3^2 b^2 d^2 + c^2(a_2^2 f^2 + a^2 h_1^2 h_2^2) &= g_2 . a^2 a_2^2 a_3^2 b^2 h_2^2 n^2,\\
a_2^2 fg - a_3 b^2 dh &= g_3 . a^2 a_1 h_1 h_2^2,\\
a_1 fg_3 + gh_1 &= g_4 . a_3 b^2 hn,\\
g_1 + g_3^2 &= g_5 . a_2^2 a_3^2 b^2 f_1 hn^2,\\
f_1(a_2^2 f^2 + a^2 h_1^2 h_2^2) &= g_6 . b^2 h.
\end{aligned}$$

La seconde catégorie comprend les groupes désignés par $\{D_1\}$ dont la base générale est la suivante :

$$\begin{aligned}
Q_1 &= 1,\\
Q_2 &= aa_1 a_2 a_3 f_1 h_1 h_2^2 n . i_1,\\
Q_3 &= \frac{ga_2}{aa_1} i_1 + \frac{bch}{aa_1} i_2,\\
Q_4 &= \frac{1}{2} + \frac{d}{2aa_2 h_2 n} i_1 + \frac{cf}{2aa_3 bh_2 n} i_2 + \frac{ch_1}{2a_2 a_3 bn} i_3.
\end{aligned}$$

Les quatorze nombres entiers $a, a_1, a_2, \ldots, n$ qui y figurent sont soumis aux conditions ci-dessus énumérées pour les groupes $\{D_0\}$ avec cette différence que les égalités définissant les entiers $g_1, g_2, \ldots, g_6$ sont maintenant les suivantes :

$$\begin{aligned}
b^2 c^2 h^2 + a_2^2 g^2 &= g_1 a^2 a_1^2 h_2^2,\\
a_3^2 b^2(d^2 + a^2 a_2^2 h_2^2 n^2) + c^2(a_2^2 f^2 + a^2 h_4^2 h_2^2) &= 4 g_2 a^2 a_2^2 a_3^2 b^2 h_2^2 n^2,\\
a_2^2 fg - a_3 b^2 dh &= g_3 a^2 a_1 h_1 h_2^2,\\
a_1 fg_3 + gh_1 &= (1 - 2g_4) a_3 b^2 hn,\\
g_1 + g_3^2 &= 2 g_5 a_2^2 a_3^2 b^2 f_1 hn^2,\\
f_1(a_2^2 f^2 + a^2 h_4^2 h_2^2) &= 2 g_6 b^2 h.
\end{aligned}$$

Dans ces conditions et malgré les coordonnées fractionnaires, les quaternions (1) *constituent un groupe additif et multiplicatif.*

Un exemple simple en est le type $\{D_1 A\}$ ayant pour base

$$(2) \qquad 1; \quad i_1; \quad bci_2; \quad \frac{1}{2} + \frac{d}{2} i_1 + \frac{cf}{2b} i_2 + \frac{c}{2b} i_3,$$

où b, c, d, f, entiers $\neq 0$ et impairs, sont liés par

$$b^2(1+d^2)+c^2(1+f^2)=4g_1b^2,$$

où g_1 représente un nombre entier. En prenant $c=d=1$, on obtient la généralisation la plus simple possible du groupe hourwitzien, b et f étant alors solution d'une équation de Fermat. On arrive au groupe hourwitzien lui-même en prenant, dans (2),

$$b=c=d=f=1.$$

Un autre exemple est le type $\{D_1 C\}$ ayant pour base

$$1;\quad ahi_1;\quad bci_2;\quad \frac{1}{2}+\frac{h}{2a}i_1+\frac{c}{2b}i_2+\frac{ch}{2ab}i_3,$$

où toutes les fractions sont irréductibles, les entiers a, b, c, h, tous $\neq 0$, satisfaisant en outre aux deux égalités

$$b^2+c^2=2g_1a_2;\quad (b^2+c^2)(a^2+h^2)=4g_2a^2b^2.$$

Quant à la question de maximum [1] concernant les domaines holoïdes ci-dessus définis, importante pour l'arithnomie du corps considéré, nous nous bornerons ici à signaler le fait qu'aucun des domaines de la première catégorie n'a de maximum dans le corps $\{H\}$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces hyperelliptiques de rang* 2. Note [2] de Mme **M. Piazzolla-Beloch.**

MM. Enriques et Severi [3] ont démontré que toute surface hyperelliptique de rang 2 peut être transformée en une surface d'ordre 4δ, à sections de genre $2\delta+1$, plongée dans un espace à $2\delta+1$ dimensions (δ étant le diviseur ou un nombre multiple du diviseur) et possédant 16 points doubles.

Un cas particulier de ces surfaces est la surface de Kummer ($\delta=1$), et inversement, il est bien connu que toute surface de Kummer est hyperelliptique (régulière) et de rang 2.

Mais pour les valeurs de $\delta>1$, la proposition réciproque de celle de

(1) Pour cette notion, voir par exemple L.-G. Du Pasquier, *Sur l'arithmétique des nombres hypercomplexes* (*L'enseignement math.*, 18, 1916, p. 216).

(2) Séance du 4 janvier 1927.

(3) *Acta mathematica*, 32, 1909, p. 283-392.

MM. Enriques et Severi n'a pas encore été donnée. MM. Enriques et Severi ont donné une condition supplémentaire qui suffit pour affirmer qu'une telle surface est hyperelliptique, à savoir l'existence d'une quadrique tangente suivant une courbe d'ordre 4δ, et qui passe par les 16 points doubles. Ils s'expriment ainsi :

« Maintenant une question se pose : l'existence de quadriques tangentes qui passent par les 16 points doubles de la surface $\Phi_{4\delta}$ ne serait-elle pas une conséquence de ce que la surface possède 16 points doubles?... c'est là une question délicate qui demeure en suspens. »

J'ai pu répondre par l'affirmation à la question posée, et j'ai démontré le théorème prévu sans d'ailleurs passer par le calcul du nombre des modules, ce qui pourrait donner lieu à de graves objections.

Ma démonstration est fondée sur la construction effective d'une variété d'ordre pair tangente à la surface $\Phi_{4\delta}$ tout le long de la courbe où elle la rencontre. Pour cette construction je me suis servi de la représentation de la $\Phi_{4\delta}$ sur une surface du 4e ordre de l'espace S_3, possédant 14 ou 13 points doubles (ou en particulier sur une quadrique double).

On démontre [1], en vertu de cette représentation, que la surface $\Phi_{4\delta}$ possède deux courbes *complémentaires*, à savoir deux courbes du même ordre dont l'ensemble passe un nombre impair de fois par tous les 16 points doubles, ce qui suffit à l'existence d'une variété d'ordre pair tangente à $\Phi_{4\delta}$ suivant cette courbe composée.

La représentation de la surface $\Phi_{4\delta}$ sur une F_4 de S_3 possédant 14 ou 13 points doubles (et 2 ou 3 courbes unicursales), je l'obtiens au moyen des sections de $\Phi_{4\delta}$ par les variétés du deuxième ordre: ces sections forment un système linéaire de dimension $8\delta + 1$ et de degré 16δ : il est alors possible de décomposer le nombre $8\delta - 2$ [2] en somme de 3 carrés $\nu_1^2, \nu_2^2, \nu_3^2$ (deux impairs et un pair); j'impose aux sections susdites la condition de passer par 3 points doubles de $\Phi_{4\delta}$ avec les multiplicités $2\nu_1$, $2\nu_2$, $2\nu_3$ (la dernière pouvant être zéro); on obtient ainsi un système de degré 4 et dimension 3.

On peut donc établir la proposition :

---

(1) M. Piazzolla-Beloch, *Intorno alla iperellitticità di certe superficie del 4° ordine con 14 punti doppi* (*Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, **50**, 1926, p. 345-367). — M. Piazzolla-Beloch, *Intorno alla iperellitticità di certe superficie del 4° ordine con 13 punti doppi* (sous presse dans les *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, **51**, 1927).

(2) Legendre, *Théorie des Nombres*, 3e édition, **1**, p. 393-394.

Toute surface d'ordre 4δ plongée dans un espace à $2\delta+1$ dimensions, à sections hyperplanes de genre $2\delta+1$ et possédant 16 points doubles, est hyperelliptique (régulière) et de rang 2 (surface de Kummer généralisée).

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'aire des surfaces courbes.*
Note (¹) de M. **Tibor Radó**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit Q le carré $0 \leqq x \leqq 1$, $0 \leqq y \leqq 1$. La fonction $f(x, y)$ étant continue dans Q, désignons par $L_Q[f]$ l'aire, au sens de Lebesgue, de la surface $z = f(x, y)$, c'est-à-dire la plus petite limite de l'aire de surfaces polyédrales tendant vers la surface proposée. Au cours de ses recherches, Z. de Geöcze (²) a considéré plusieurs quantités analogues obtenues à l'aide de surfaces polyédrales possédant certaines propriétés accessoires; citons la limite inférieure obtenue en ne considérant que les surfaces polyédrales *inscrites*. Nous désignerons cette quantité par $L_Q^*[f]$ (³); on a évidemment

$$L_Q[f] \leqq L_Q^*[f].$$

2. Pour étudier ces quantités, Geöcze introduisit les expressions suivantes. Soit R : $x' \leqq x \leqq x''$, $y' \leqq y \leqq y''$ un rectangle contenu dans Q. Posons

$$\alpha_R[f] = \int_{x'}^{x''} |f(x, y'') - f(x, y')| \, dx, \qquad \beta_R[f] = \int_{y'}^{y''} |f(x'', y) - f(x', y)| \, dy,$$

$$\gamma_R = (x'' - x')(y'' - y'),$$

$$g_R[f] = (\alpha_R^2 + \beta_R^2 + \gamma_R^2)^{\frac{1}{2}}, \qquad G_Q[f; D] = \Sigma \, g_R[f],$$

où la sommation est étendue à tous les rectangles d'une décomposition D de Q. Soit enfin $\Gamma_Q[f]$ la limite supérieure des sommes $C_Q[f; D]$, Geöcze commence par établir l'inégalité

$$\Gamma_Q[f] \leqq L_Q[f] \leqq L_Q^*[f], \tag{1}$$

et il se propose de démontrer que ces quantités sont égales. Voilà le principe de sa méthode. Divisons chaque rectangle d'une décomposition D en deux triangles et soit $\Pi_Q[f; D]$ l'aire de la surface polyédrale inscrite dont les faces ont pour projections les triangles ainsi obtenus. Soit $\{D_n\}$ une

---

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

(²) Voir la Thèse de Geöcze, Paris, 1908, publiée dans *Math. u. Naturw. Berichte aus Ungarn*, **26**, 1910, p. 1-88.

(³) Geöcze considérait d'abord $L_Q^*[f]$ comme l'aire de la surface; voir *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 253-256.

suite de décompositions, telle que le diamètre maximum des rectangles de D_n tende vers zéro. Si l'on peut choisir la suite $\{D_n\}$ de sorte que

$$|G_Q[f; D_n] - H_Q[f; D_n]| \to 0, \tag{2}$$

le théorème $\Gamma_Q[f] = L_Q[f] = L_Q^*[f]$ est immédiat, puisque

$$\overline{\lim} G_Q[f; D_n] \leqq \Gamma_Q[f], \qquad \overline{\lim} H_Q[f; D_n] \geqq L_Q^*[f] \geqq L_Q[f] \geqq \Gamma_Q[f].$$

La difficulté consiste donc à démontrer l'existence de suites $\{D_n\}$ pour lesquelles (2) a lieu.

3. L'existence de telles suites $\{D_n\}$ ne fut démontrée par Geöcze que pour le cas où $f(x, y)$ satisfait à une condition de Lipschitz. Il remarque cependant qu'il a démontré le théorème $\Gamma_Q[f] = L_Q[f] = L_Q^*[f]$ pour le cas le plus général où $f(x, y)$ est seulement continue, mais il n'indique pas la marche de sa démonstration (1). Cette remarque de Geöcze ayant échappé à mon attention, je ne l'ai pas mentionné quand j'annonçais récemment (2) d'avoir trouvé la démonstration du théorème $\Gamma_Q[f] = L_Q[f]$, lequel doit être considéré par conséquent comme la première partie du théorème énoncé par Geöcze. Pour cette première partie, j'ai basé la démonstration sur le principe suivant : Imaginons que nous ayons démontré, pour toute valeur positive assez petite de h, l'existence d'une fonction $f_h(x, y)$ possédant les propriétés suivantes : A. La fonction $f_h(x, y)$ est continue, ainsi que ses dérivées premières, dans le carré

$$Q_h : h \leqq x \leqq 1 - h, \qquad h \leqq y \leqq 1 - h.$$

B. On a $f_h \to f$ pour $h \to 0$. C. On a $\Gamma_{Q_h}[f_h] \leqq \Gamma_Q[f]$. Alors, en vertu de A, on pourra d'abord affirmer que $L_{Q_h}[f_h] = \Gamma_{Q_h}[f_h]$; donc, en vertu de (1) et de C,

$$L_{Q_h}[f_h] \leqq \Gamma_Q[f] \leqq L_Q[f]. \tag{3}$$

Faisons tendre h vers zéro. De (3) il résulte

$$\overline{\lim} L_{Q_h}[f_h] \leqq L_Q[f];$$

d'ailleurs, à cause de la semi-continuité inférieure de l'aire,

$$\underline{\lim} L_{Q_h}[f_h] \geqq L_Q[f].$$

(1) *Loc. cit.*, p. 7 [note (2) de la page précédente].
(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 588.

Par conséquent

$$L_{Q_h}[f_h] \to L_Q[f], \tag{4}$$

et de (3) et (4) il résulte immédiatement que $\Gamma_Q[f] = L_Q[f]$. Il s'agit donc de démontrer l'existence des fonctions $f_h(x, y)$, c'est-à-dire de *surfaces d'approximation dont les aires soient inférieures à l'aire de la surface proposée*. On y arrive *en nivelant la surface* par le procédé classique des moyennes arithmétiques. En posant

$$f_h(x, y) = \frac{1}{4h^2}\int_{-h}^{h}\int_{-h}^{h} f(x+\xi, y+\eta)\,d\xi\,d\eta \qquad (h \leq x \leq 1-h,\ h \leq y \leq 1-h),$$

on vérifie d'une manière tout à fait élémentaire les propriétés A, B, C.

4. On voit que cette méthode conduit seulement à la première partie du théorème énoncé par Geöcze (*algorithme* pour l'aire). La méthode de Geöcze conduit, dans tous les cas où l'on sait l'appliquer, du même coup au théorème complet $\Gamma_Q[f] = L_Q[f] = L_Q^*[f]$ et fournit des renseignements précieux sur la construction de suites de polyèdres d'approximations dont les aires tendent vers la plus petite limite possible $L_Q[f]$ (cette construction constituait le problème central des recherches de Geöcze et fut désignée par lui comme *quadrature* de la surface proposée). Il y aurait donc intérêt à reconstruire le raisonnement de Geöcze pour le cas général où $f(x, y)$ est seulement continue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation des fonctions à variation bornée*. Note [1] de M. **Norbert Wiener**, présentée par M. Hadamard.

Toutes les opérations différentielles à plusieurs dimensions qui sont invariantes par une transformation orthogonale de l'espace, sont liées à l'opération Δ de Laplace. On peut donc envisager cette opération comme l'analogue à plusieurs dimensions de la différentiation à une dimension. Vue de ce côté, l'analogue tridimensionnelle de l'intégration est la formation du potentiel d'une distribution avec une densité donnée, et l'analogue de

$$u\left(x+\frac{h}{2}\right) - u\left(x-\frac{h}{2}\right),$$

(1) Séance du 4 janvier 1927.

est

$$\frac{1}{4\pi h^2}\iint\limits_{|\overline{y}|=h} u(\overline{x}+\overline{y})\,dS - u(\overline{x}).$$

Si u est une fonction à une dimension définie de $-\infty$ à $+\infty$ on peut dire qu'elle est à variation bornée si

$$\overline{\lim_{h\to 0}}\frac{1}{h}\int_{-\infty}^{\infty}\left|u\left(x+\frac{h}{2}\right)-u\left(x-\frac{h}{2}\right)\right|dx,$$

est borné. Nous dirons que la fonction $u(x)$ à trois dimensions est à variation bornée si

$$\overline{\lim_{h\to 0}}\frac{1}{h^2}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\left|\frac{1}{4\pi h^2}\iint\limits_{|\overline{y}|=h} u(\overline{x}+\overline{y})\,dS - u(\overline{x})\right|dx,$$

est borné. Nous avons les théorèmes suivants :

I. *Toute fonction à variation bornée est la différence entre deux fonctions sous-harmoniques.*

II. *La somme et la différence de deux fonctions à variation bornée sont également à variation bornée.*

III. Soit $F(f)$ une fonctionnelle linéaire bornée et continue des fonctions continues $f(\overline{x})$ à trois dimensions. On peut définir d'une manière univoque par prolongement, $F(|\overline{x}-\overline{y}|)$. Cette fonction de y est à variation bornée. Chaque fonction à variation bornée a une seule représentation de cette forme.

IV. Soit $u(x)$ une fonction à variation bornée et quadratiquement sommable. Soit

$$\lim_{h\to 0}\left[\frac{1}{4\pi h}\iint\limits_{|\overline{y}|=h} u(\overline{x}+\overline{y})\,dS - h\,u(\overline{x})\right]=0$$

uniformément en x. Soit

$$v(\xi)=\underset{H\to\infty}{\mathrm{l.\,m.}}\iiint\limits_{|\overline{x}|\leqq H} u(x)\,e^{i\overline{x}.\overline{\xi}}\,dx;$$

$$u_k(x)=\frac{1}{8\pi^3}\iiint\limits_{|\xi|\leqq k} v(\xi)\,e^{-i\overline{\xi}.\overline{x}}\,d\xi.$$

Sous ces hypothèses,

$$\lim_{K\to\infty} u_k(x)=u(x)$$

uniformément en x.

Ma définition de fonction à variation bornée, quoiqu'elle possède la

même invariante rotatoire que la définition de M. Tonelli [1], en diffère essentiellement, et a un autre champ d'application. La démonstration de mes théorèmes sera publiée dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces fonctionnels.* Note de M. **André Weil**, présentée par M. Hadamard.

Parmi les ensembles de fonctions dont se sert l'analyse fonctionnelle, l'ensemble (C) des fonctions continues, et l'ensemble des fonctions de carré sommable ou espace hilbertien (H) jouent un rôle important. Je vais démontrer qu'au point de vue géométrique, ils sont essentiellement distincts; plus précisément, ils constituent deux types distincts d'espaces topologiquement affines au sens de M. Fréchet [2]. Ce résultat paraîtra bien naturel, mais on n'en a pas encore, je crois, donné de démonstration; et la portée de la méthode que je vais indiquer dépasse de beaucoup ce cas particulier.

La notion de limite, dans (C) et dans (H), est définie comme d'habitude par la convergence uniforme dans (C), et par la convergence en moyenne dans (H); la notion de continuité en résulte. Nous voulons montrer qu'il n'existe pas de transformation linéaire, biunivoque et bicontinue qui transforme (C) en (H). Supposons donc un moment qu'il en existe une T; autrement dit : 1° A toute fonction $f(x)$ de (C) correspond une fonction $\varphi(x) = Tf$ de (H), et à toute φ correspond $f = T^{-1}\varphi$; 2° si a, b sont des constantes, on a :

$$T(af_1 + bf_2) = aTf_1 + bTf_2,$$

et par suite

$$T^{-1}(a\varphi_1 + b\varphi_2) = aT^{-1}\varphi_1 + bT^{-1}\varphi_2;$$

pour $a = 1$, $f_2 = 0$, il en résulte qu'à $f = 0$ correspond $\varphi = Tf = 0$; 3° si f_n converge uniformément vers f, $\varphi_n = Tf_n$ converge en moyenne vers $\varphi = Tf$, et réciproquement.

Soit alors (0, 1) l'intervalle où varie x. Soit $\Omega|[\varphi]|$ une fonctionnelle linéaire et continue de φ; on a comme on sait [1] :

$$\Omega|[\varphi]| = \int_0^1 \varphi(x)\,\omega(x)\,dx,$$

où ω est de carré sommable.

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1198.

(2) M. Fréchet, *Les espaces abstraits topologiquement affines* (*Acta Math.*, 47, 1926, p. 25).

Alors $\Omega|[Tf]|$ sera une fonctionnelle linéaire et continue de f, et par suite ([1]) il y a une fonction $\lambda(x)$ à variation bornée telle que

$$\Omega|[Tf]| = \int_0^1 f(x)\,d\lambda(x).$$

De même de toute fonctionnelle $A|[f]|$ linéaire et continue

$$A|[f]| = \int_0^1 f(x)\,d\lambda(x),$$

on déduit la fonctionnelle linéaire et continue de φ

$$A|[T^{-1}\varphi]| = \int_0^1 \varphi(x)\,\omega(x)\,dx.$$

A toute fonction $\omega(x)$ de (H) correspond ainsi une fonction à variation bornée $\lambda(x) = \Theta\omega$, et réciproquement à λ correspond $\omega = \Theta^{-1}\lambda$, telles que, si $\varphi = Tf$ et si $\lambda = \Theta\omega$

$$(1) \qquad \Omega|[\varphi]| = \int_0^1 \varphi\omega\,dx = \int_0^1 f\,d\lambda.$$

Soit alors une suite de fonctions continues $f_n(x)$, bornées dans leur ensemble, $|f_n(x)| \leqq M$, et convergeant vers une fonction *discontinue* $F(x)$. Soit $\varphi_n = Tf_n$, et $\delta_n^2 = \int_0^1 \varphi_n^2\,dx$; δ_n reste fini, car si l'on avait $\lim_{i=\infty} \delta_{n_i} = \infty$, les fonctions $\frac{f_{n_i}}{\delta_{n_i}}$ convergeraient uniformément vers zéro sans que $\frac{\varphi_{n_i}}{\delta_{n_i}}$ converge en moyenne vers zéro. Soit donc $\delta_n \leqq \Delta$.

On aura alors

$$(2) \qquad \lim_{n=\infty} \Omega|[\varphi_n]| = \lim_{n=\infty} \int_0^1 f_n(x)\,d\lambda(x) = \int_0^1 F(x)\,d\lambda(x) = \mathcal{F}|[\lambda]|;$$

$\mathcal{F}|[\lambda]$ est une fonctionnelle linéaire de λ. $\mathcal{F}|[\Theta\omega]|$ est alors une fonctionnelle linéaire de ω; elle est continue, car si $\mu^2 = \int_0^1 \omega^2\,dx$, on a

$$|\Omega|[\varphi_n]|| = \left|\int_0^1 \varphi_n\,\omega\,dx\right| \leqq \delta_n\mu,$$

d'où

$$|\mathcal{F}|[\Theta\omega]|| = \left|\lim_{n=\infty} \Omega|[\varphi_n]|\right| \leqq \Delta\mu.$$

---

[1] Cf. PAUL LÉVY, *Leçons sur l'analyse fonctionnelle*, 1922, p. 55-59.

Il existe donc une fonction $\psi(x)$ de carré sommable telle que

$$\mathcal{F}|[\Theta\omega]| = \int_0^1 \psi(x)\,\omega(x)\,dx.$$

Soit alors $g(x) = \mathrm{T}^{-1}\psi$, et, comme précédemment, $\lambda(x) = \Theta\omega$. (1), appliquée à g et à ψ, donne

$$\mathcal{F}|[\lambda]| = \int_0^1 g(x)\,d\lambda(x). \tag{3}$$

$\lambda(x)$ étant une fonction arbitraire à variation bornée, (3) et (2) ne sont compatibles que si $g(x) = \mathrm{F}(x)$. Mais g est continue, et F discontinue, d'où contradiction.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Intégration de la dérivée régulière* (1). Note de M. **Stefan Kempisty**, présentée par M. Émile Borel.

1. M. H.-A. Newman a montré que la dérivée sur les familles régulières d'ensembles ouverts de la variation d'une fonction à variation bornée est approximativement continue (2). Sa démonstration subsiste pour les fonctions à variation non bornée, si l'on se limite aux ensembles formés d'un nombre fini d'intervalles.

Or la dérivée ainsi définie peut être non sommable, même lorsqu'elle est finie. Mais, tenant compte de la continuité approximative et de la régularité de la dérivée, nous pouvons l'intégrer *asymptotiquement* (3) et déterminer de cette manière la fonction primitive.

2. Soit $f(x)$ la dérivée *finie* de la variation de la fonction $\mathrm{F}(x)$ sur les familles régulières des ensembles sommes d'un nombre fini d'intervalles compris dans un intervalle (a, b).

Considérons une division quelconque du voisinage $(x-h, x+h)$ d'un point x de (a, b), par un nombre fini de points, en intervalles partiels ω.

---

(1) Voir ma Note *Sur les dérivées de la fonction d'ensembles* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1205). *Erratum*, p. 1206, v. 12 : *au lieu de* fonction, *lire* fonction finie.

(2) *On approximate continuity* (*Transactions of the Cambridge Philosophical Society*, 23, 1923, p. 16-17).

(3) La définition de l'intégrale asymptotique dans ma Note : *Un nouveau procédé d'intégration* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 812-813).

Désignons par ω' ceux de ces intervalles dans lesquels les *bornes à densité* λ *près* de $f(x)$ (¹) sont à l'extérieur de l'intervalle $[f(x)-\varepsilon, f(x)+\varepsilon]$ pour $\varepsilon > 0$ et $0 < \lambda < \frac{1}{2}$.

Il suit de la continuité approximative de $f(x)$ que la *densité moyenne* dans le voisinage considéré *de la somme des intervalles* ω' *tend vers zéro avec* h, car une fonction approximativement continue pour la densité symétrique est approximativement continue quelle que soit la définition de la densité (sur une famille régulière d'ensembles).

En se servant de cette propriété des intervalles ω' et d'un lemme de M. Lusin, généralisé par M. Newmann (²), on peut établir que les sommes formées pour le voisinage $(x-h, x+h)$,

$$\frac{1}{2h}\sum m(f, \omega', \lambda) \operatorname{mes} \omega, \quad \frac{1}{2h}\sum M(f, \omega', \lambda) \operatorname{mes} \omega',$$

tendent aussi vers zéro avec h (³).

D'autre part, nous avons

$$[f(x)-\varepsilon]2h < F(x+a) - F(x-h) < [f(x)+\varepsilon]2h$$

pour h suffisamment petit.

3. En appliquant le lemme de M. Lusin, on peut alors, quel que soit α positif, diviser l'intervalle (a, b) en un nombre fini d'intervalles (x_{i-1}, x_i) et de nombres ξ_i, y compris respectivement, de manière que l'on ait, pour $i = 1, 2, \ldots, n$,

$$\sum \operatorname{mes} \omega' < \alpha(_i - x_{i-}x_1),$$

$$-\alpha(x_i - x_{i-1}) < \sum m(\omega', \lambda) \operatorname{mes} \omega' \leqq \sum M(\omega', \lambda) \operatorname{mes} \omega' < \alpha(x_i - x_{i-1}),$$

$$[f(\xi_i)-\varepsilon](x_i - x_{i-1}) < F(x_i) - F(x_{i-1}) < [f(\xi_i)+\varepsilon](x_i - x_{i-1}),$$

les sommes étant étendues cette fois aux intervalles ω' compris dans (x_{i-1}, x_i).

Quelle que soit donc la division des intervalles (x_{i-1}, x_i), on a, pour l'in-

---

(¹) La définition de bornes à densité λ (près) dans *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 642.

(²) *Loc. cit.*, p. 11.

(³) $m(f, \omega', \lambda)$ et $M(f, \omega', \lambda)$ sont respectivement la borne inférieure et la borne supérieure à densité λ près de $f(x)$ dans ω'.

tervalle total (a, b) et pour $N > |f(\xi_i)|$, les inégalités suivantes :

$$\sum_{i=1}^{n} f(\xi_i)(x_i - x_{i-1}) - [\alpha(N+1)+\varepsilon](b-a) < \sum m(\omega, \lambda) \operatorname{mes}\omega$$

$$\leqq \sum M(\omega, \lambda) \operatorname{mes}\omega < \sum_{i=1}^{n} f(\xi_i)(x_i - x_{i-1}) + [\alpha(N+1)+\varepsilon](b-a),$$

$$\sum_{i=1}^{n} f(\xi_i)(x_i - x_{i-1}) - \varepsilon(b-a) < F(b) - F(a) < \sum_{i=1}^{n} f(\xi_i)(x_i - x_{i-1}) + \varepsilon(b-a).$$

Comme les intégrales asymptotiques extrêmes d'une fonction approximativement continue peuvent être obtenues en fixant les points x_i, nous avons, en passant aux limites extrêmes,

$$F(b) - F(a) = s(\lambda) = S(\lambda),$$

quel que soit λ positif, inférieur à $\frac{1}{2}$; donc

$$F(b) - F(a) = (A)\int_a^b f(x)\,dx.$$

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la composition des mouvements permanents d'un liquide parfait parallèles à un plan fixe.* Note (¹) de M. **Arnaldo Masotti**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient ψ_1 et ψ_2 les fonctions de courant de deux mouvements permanents d'un liquide parfait, parallèles à un plan fixe, assujettis aux mêmes conditions au contour (sur lesquelles nous ne faisons aucune hypothèse *a priori*); on aura

$$(1) \qquad \Delta_2\psi_1 = F_1(\psi_1), \qquad \Delta_2\psi_2 = F_2(\psi_2),$$

où F_1 et F_2 sont des fonctions arbitraires des arguments indiqués (²). Si la fonction

$$(2) \qquad \psi_1 = \psi_1 + \psi_2$$

satisfait aux mêmes conditions au contour, elle définit un troisième mouve-

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

(²) V. Lamb, *Hydrodynamics*, 5ᵉ édition, 1924, p. 226

ment, pourvu que

(3) $$\Delta_2\psi = F(\psi),$$

où F est une nouvelle fonction arbitraire; alors on peut composer les deux mouvements considérés.

Les équations (1) (2) (3) montrent que les trois fonctions F_1, F_2, F doivent satisfaire à la condition

(4) $$F_1(\psi_1) + F_2(\psi_2) = F(\psi_1 + \psi_2)$$

quels que soient ψ_1 et ψ_2; en différentiant cette relation successivement par rapport à ψ_1 et ψ_2, on a

(5) $$\frac{dF_1(\psi_1)}{d\psi_1} = \frac{dF_2(\psi_2)}{d\psi_2};$$

les deux membres de cette équation doivent être égaux à la même constante : donc les fonctions $F_1(\psi_1)$ et $F_2(\psi_2)$ sont de la forme

(6) $$F_1(\psi_1) = a\psi_1 + b_1, \quad F_2(\psi_2) = a\psi_2 + b_2,$$

où a, b_1, b_2 sont des constantes arbitraires.

Si $a = 0$ on a

(7) $$\Delta_2\psi_1 = b_1, \quad \Delta_2\psi_2 = b_2,$$

et par conséquent

(8) $$\begin{cases} \psi_1 = \Psi_1 - \frac{\omega_1}{2}[(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2], & \text{avec } \omega_1 = -\frac{1}{2}b_1, \\ \psi_2 = \Psi_2 - \frac{\omega_2}{2}[(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2], & \text{avec } \omega_2 = -\frac{1}{2}b_2; \end{cases}$$

Ψ_1 et Ψ_2 sont deux solutions de l'équation de Laplace et représentent deux mouvements irrotationnels; x_1, y_1, x_2, y_2, ω_1 et ω_2 sont des constantes arbitraires dont la signification est bien claire.

Si $a \neq 0$, les fonctions ψ_1 et ψ_2 (qui sont déterminées à une constante additive près) sont évidemment deux solutions de l'équation

(8) $$\Delta_2\psi = a\psi.$$

Application. — La fonction de courant

$$\psi_1 = cy\left(1 - \frac{a^2}{x^2 + y^2}\right)$$

représente notoirement un courant irrotationnel, avec vitesse asympto-

tique constante c, qui rencontre un cylindre fixe circulaire de rayon a; on a $\Delta_2\psi_1 = 0$. Soit ψ_2 la fonction de courant d'un mouvement qui peut se composer avec le premier, qui satisfait à la condition aux parois et qui ne modifie pas la vélocité donnée c à l'infini; on aura $\Delta_2\psi_2 =$ const., donc ψ_2 a la forme (8); ce mouvement se compose d'un courant irrotationnel, représenté par ψ_2, et d'une rotation rigide, et s'annule à l'infini seulement si cette dernière manque (si l'on exclut que l'allure asymptotique du mouvement *irrotationnel* représenté par ψ_2 soit *rotationnelle*; la signification physique même du mot *irrotationnel* paraît désigner cette exclusion); on aura alors $\Delta_2\psi_2 = 0$, d'où, en se rapportant aux conditions aux parois,

$$\psi_2 = k \log r, \quad \text{avec} \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Il s'agit d'un courant qui circule autour du cylindre et qui a été utilisé par MM. Kütta et Joukowski pour découvrir la force sustentatrice (1); notre remarque met en évidence que c'est le seul mouvement de circulation qui puisse se composer avec un courant irrotationnel de translation.

Remarque. — On sait que la fonction de Stokes ψ d'un mouvement symétrique par rapport à un axe z satisfait à l'équation

$$\Theta\psi = F(\psi),$$

où

$$\Theta = \frac{1}{r^2}\left(\frac{\partial^2}{\partial z^2} + \frac{\partial^2}{\partial r^2} - \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\right),$$

et F est une fonction arbitraire (2). L'opérateur Θ étant distributif par rapport à la somme, pour la composition de deux mouvements symétriques par rapport au même axe, tout se passe comme dans le cas déjà envisagé.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement à travers un orifice circulaire.* Note de M. **R. Mazet**, présentée par M. G. Kœnigs.

Sur la suggestion de M. Henri Villat, j'ai pu étendre sans difficulté au cas d'un orifice circulaire les considérations de mes deux précédentes Notes (3). Reprenons les mêmes notations en remplaçant seulement x et x'

(1) V. Joukowski, *Aérodynamique*, trad. par Drzewiecki; Paris, Gauthier-Villars, 1916, p. 139.

(2) V. Lamb, *loc. cit.*, p. 227.

(3) *Sur l'écoulement par jet* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 735) et *Sur la naissance des jets liquides* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 863).

par u et u'. L'orifice est, cette fois, un cercle de centre O et de rayon c. Le mouvement est supposé de révolution autour de Oy et uOy est un plan quelconque passant par cet axe. Le débit est représenté par la fonction

$$q(t) = -2\pi \int_0^c \frac{\partial \varphi(u', o, t)}{\partial y} u' du'.$$

Cela posé, aux formules (1), (2), (3), (4) et (5) de notre Note *Sur l'écoulement par jet*, on devra substituer les suivantes :

$$(1_A) \quad \begin{cases} \varphi(u, y, t) = \dfrac{1}{c} \displaystyle\int_0^c \left[\frac{\varphi(u', o, t)}{\sqrt{c^2 - u'^2}} + \frac{\partial \varphi(u', o, t)}{\partial y} \left(\frac{\pi}{2} - \frac{c}{\pi} \int_0^\pi \frac{d\Theta}{r} \right) \right] u' du' \\ \qquad [r = \sqrt{y^2 + u^2 + u'^2 - 2uu' \cos\Theta}]; \end{cases}$$

$$(2_A) \quad \frac{\partial \varphi(u, o, t)}{\partial y} = -\frac{2}{\pi c \sqrt{c^2 - u^2}} \left\{ \frac{q(t)}{4} + c\varphi(o, o, t) + \int_0^c \left[c^2 \frac{\partial \varphi(u', o, t)}{\partial u'} - u' \varphi(u', o, t) \right] \frac{du'}{\sqrt{c^2 - u'^2}} \right\} + \frac{2}{\pi} \int_u^c \frac{ds}{\sqrt{s^2 - u^2}} \int_0^s \left(\frac{\partial \varphi}{\partial u'} + u' \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u'^2} \right) \frac{du'}{\sqrt{s^2 - u'^2}};$$

$$(3_A) \quad \frac{q(t)}{4} = \int_0^c \frac{\varphi(u', o, t)}{\sqrt{c^2 - u'^2}} u' du' + cght;$$

$$(4_A) \quad \frac{q(t)}{4} = \int_0^c \left(u'\varphi - c^2 \frac{\partial \varphi}{\partial u'} \right) \frac{du'}{\sqrt{c^2 - u'^2}} - c\varphi(o, o, t);$$

$$(5_A) \quad c \int_0^c \frac{\partial \varphi}{\partial u'} \frac{du'}{\sqrt{c^2 - u'^2}} + \varphi(o, o, t) + ght = o.$$

Appelons maintenant γ le rayon de l'orifice et supposons que γ varie de o à c en un temps τ suffisamment petit pour que $y\tau^2$ puisse être regardé comme négligeable vis-à-vis de $\frac{c^2}{h}$. On peut évaluer, comme précédemment, la percussion de pression à l'orifice :

$$(6) \quad \int_0^t p(u, o, t') dt' = \rho g h \int_0^u \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{\gamma'}{u} \right) \frac{dt'}{d\gamma'} d\gamma'.$$

Donnons-nous la loi d'ouverture de l'orifice sous la forme

$$t = \frac{c\Theta}{h} \chi\left(\frac{\gamma}{c}\right),$$

où Θ est un coefficient constant ayant les dimensions d'un temps (tel que $g\Theta^2$ soit très petit vis-à-vis de h) et $\chi(\alpha)$ une fonction numérique de la

variable α, continue (ainsi que sa dérivée) et croissante dans l'intervalle (o, 1) et, de plus, tel que

$$\chi(0)=\chi'(0)=0, \qquad \chi(1)=1.$$

En substituant dans (6), posant $\gamma'=u\sin\Theta'$ et intégrant par parties, il vient

$$\int_0^t p(u, 0, t')\,dt' = \frac{2\rho c g\Theta}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\chi\left(\frac{u\sin\Theta'}{c}\right)d\Theta',$$

d'où finalement

$$(7)\qquad \left\{\begin{array}{l}\varphi(u, 0, t) = -\dfrac{2cg\Theta}{\pi}\displaystyle\int_0^{\frac{\pi}{2}}\chi\left(\frac{u\sin\Theta'}{c}\right)d\Theta' - \frac{1}{2}\int_0^t V^2(u, 0, t')\,dt' \\ \qquad\qquad (\text{pour } 0 \leqq u \leqq \gamma).\end{array}\right.$$

A notre degré d'approximation, le second terme peut être négligé devant le premier, pourvu que V reste fini. Connaissant $\varphi(u, o, t)$, les formules (1_A), (2_A) et (3_A) donnent $\varphi(u, y, t)$ pour $0 \leqq t \leqq \tau$ et, par suite, définissent le mouvement du liquide pendant l'ouverture de l'orifice.

On démontre que $\varphi(u, 0, t)$ (réduit à son premier terme indépendant de t) vérifie, quel que soit t, la relation (5_A) (où l'on remplace c par γ) et l'on en conclut, comme dans le cas du mouvement plan, qu'il y a écoulement par jet à chaque instant de l'intervalle $(0, \tau)$, en particulier à l'instant $\tau = \dfrac{c\Theta}{h}$.

La distribution des accélérations est définie à chaque instant par

$$(8)\qquad \frac{\partial^2\varphi(u, 0, t)}{\partial y\,\partial t} = -\frac{2gh}{\pi}\frac{1}{\sqrt{\gamma^2-u^2}} \qquad (\text{pour } 0 \leqq u \leqq \gamma).$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur deux protubérances intéressantes.* Note [1] de M. F. DA COSTA LOBO, présentée par M. Deslandres.

Les images du Soleil prises avec le spectrohéliographe de l'Observatoire astronomique de l'Université de Coïmbra le 5 août et le 7 octobre de cette année décèlent des phénomènes intéressants à enregistrer.

Pour chacun de ces jours on a deux images du Soleil obtenues respecti-

(1) Séance du 4 janvier 1927.

vement avec la raie K_3 et la raie K_1 du calcium qui décèlent la couche supérieure et la couche inférieure de l'atmosphère solaire. Les images K_3 montrent diverses protubérances, en particulier une protubérance au-dessus d'une facule, dans le secteur NO pour l'image du 5 août, et dans le secteur NE pour l'image du 7 octobre. Or ces deux protubérances sont plus brillantes que les autres, et même plus brillantes que toutes celles photographiées pendant l'année.

Une autre particularité, plus curieuse encore, est à signaler : tandis que toutes les autres protubérances disparaissent dans les images prises avec la raie K_1, les deux protubérances y sont bien visibles.

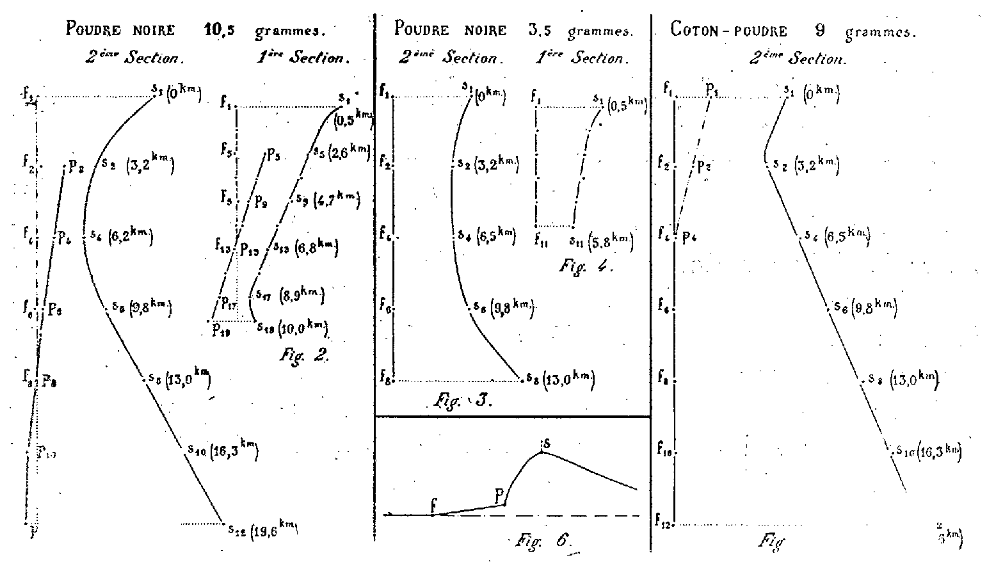
On pourra supposer que ce phénomène est une conséquence d'une forte vitesse radiale, pourtant j'envisage aussi la possibilité que la cause soit l'émission d'un spectre continu par la matière de ces protubérances.

PHYSIQUE. — *Vitesses des ondes fusantes.* Note (1) de M. **Th. Vautier.**

Dans une précédente Note (2), nous avons montré des formes d'ondes fusantes de poudre et coton-poudre : pour indiquer la marche de la vitesse du front et du sommet d'une même onde, nous allons employer la représentation graphique exposée antérieurement (3). Cette méthode consiste à prendre une vitesse de comparaison V ; les courbes sont représentatives des vitesses V' des points f_n, p_n, s_n, elles descendent verticalement si $V' = V$; elles s'inclinent vers la gauche ou vers la droite suivant qu'elles sont supérieures ou inférieures à V : une ligne droite indique une vitesse constante. Ces graphiques mettent en évidence les résultats suivants : 1° sur toutes les figures les fronts successifs f_1, f_2, ... d'une même onde sont sur une droite parallèle à l'axe des ordonnées ; leur vitesse est donc constante dès le premier parcours, tandis que la vitesse des ondes à front discontinu (2) décroît de 1 à 2 millièmes quand le parcours augmente ; la vitesse des ondes fusantes est inférieure à la vitesse limite des ondes explosives d'environ $0^m,20$ en deuxième section, et $0^m,50$ en première ; 2° les sommets ont *au début* une vitesse plus grande que celle du front, la différence peut atteindre et même dépasser $1^m,50$ (première et deuxième sections).

(1) Séance du 27 décemdre 1926.
(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1267.
(3) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1337.

En deuxième section, à mesure que le parcours augmente, cette vitesse diminue constamment tout en restant supérieure à celle du front pendant les premiers parcours jusque vers 6^{km} (s_4) pour la poudre $10^g,5$ et $3^g,5$ et vers 3^{km} (s_2) pour les cotons-poudres. A partir de ces distances la vitesse du sommet, qui était momentanément égale à celle du front, lui devient inférieure, continue à décroître et tend vers une vitesse limite inférieure de $0^m,60$ à $1^m,50$ à celle du front; la fin de ces courbes est donc à peu près droite de s_6 à s_{12} (*fig.* 1) et de s_2 à s_{12} (*fig.* 5). *En première section*, les variations de vitesse semblent les mêmes mais le parcours n'est pas assez long pour les suivre jusqu'au bout. C'est à partir de s_{17} à 9^{km} (*fig.* 2), que le



sommet rétrograde, mais pour les $3^g,5$ (*fig.* 4), la propagation est trop courte ($5^{km},8$) pour montrer une rétrogradation. Rappelons que pour les ondes explosives la vitesse des sommets décroît aussi constamment mais que, contrairement aux ondes fusantes, elle ne dépasse jamais celle du front à laquelle elle est au maximum égale (discontinuité; 3° de ces mouvements du sommet il résulte que la distance front-sommet prend des valeurs corrélatives $f_1\,s_1$, $f_2\,s_2$, ..., visibles sur les figures 1 à 5, diminuant au début, ce qui redresse la ligne frontale, passant par un minimum qui peut procurer un front momentanément discontinu (*fig.* 2, passage 2) [1], et croissant ensuite jusqu'à la fin, les deux vitesses limites étant différentes de $0^m,60$ à

[1] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1268.

$1^m,50$. Ce sont les tracés en deuxième section qui permettent de voir le plus longtemps la rétrogradation du sommet; 4° le redressement du front est très visible sur les formes d'ondes antérieurement données et provoque une brisure ou angle fps (*fig.* 6) dont le sommet est le point singulier p dont nous avons précédemment signalé l'existence. Ce point a une vitesse supérieure à celle du front, de sorte qu'il le rejoint soit pour se confondre avec lui (*fig.* 1, p_8 f_8, p_{10}, p_{12}, et *fig.* 5, p_4 f_4) (coton), soit pour le dépasser nettement (*fig.* 2 de p_{13} à p_{19}) (sect. 1). Cet excès de vitesse varie de $0^m,35$ à $0^m,50$ dans l'une ou l'autre section poudre ou coton-poudre.

Pour les faibles charges ($3^g,5$) (*fig.* 3 et 4) les fronts ont une vitesse uniforme comme pour les plus fortes (*fig.* 1 et 2); la différence de charge ne semble pas modifier la vitesse du front f. Le point p ne se forme pas en général d'une manière apparente : le sommet se rapproche d'abord du front comme dans le cas des fortes charges puis il s'en écarte, mais sa vitesse initiale est moindre et ne dépasse celle du front que de $0^m,90$ au maximum.

Pour les ondes brisantes pistolet et amorce, comme pour les ondes fusantes poudre et coton-poudre, la forme initiale dépend surtout du processus de l'inflammation et de la combustion de la substance employée, qui ne s'effectuent pas toujours de la même manière pour une substance donnée : cette influence prépondérante au début s'atténue de plus en plus à mesure que le parcours s'allonge, c'est ensuite l'effet de la propagation qui devient prépondérant et qui donne aux formes finales un aspect assez semblable que les ondes soient brisantes ou fusantes; elles s'aplatissent beaucoup et leur durée augmente considérablement.

MAGNÉTISME. — *Sur une image mécanique de l'hystérésis et sur l'inconstance de l'exposant de Steinmetz.* Note de M. **Paul-Gabriel Girault**, présentée par M. Paul Janet.

Les phénomènes d'hystérésis se manifestent par des effets rappelant ceux que l'on observe quand un frottement s'oppose à l'actiou d'une force, le frottement étant *non visqueux*, car il est indépendant de la vitesse, et *réparti* en un grand nombre d'éléments infiniment petits, car l'effet suit la cause pour la plus petite valeur de celle-ci.

L'image la plus simple d'une fibre soumise à une force de traction variable et douée d'hystérésis consiste donc en une sorte de chapelet composé d'éléments égaux, infiniment petits, possédant à la fois élasticité

et frottement; l'une des extrémités du chapelet est fixée au fond d'un cylindre à l'intérieur duquel frottent ses grains ou sabots, reliés entre eux par des ressorts élémentaires. Le fond du cylindre L est fixe; la force de traction F est exercée sur l'autre extrémité A du chapelet.

En faisant croître F progressivement, les grains partent successivement en allant de A vers L, les forces qui s'exercent de part et d'autre d'un élément dx différant de $+\varphi\, dx$ dans le sens du mouvement (φ est le frottement linéique).

On peut faire croître la force F de la valeur zéro jusqu'à une valeur positive (courbe vierge), puis décroître (courbe descendante), puis croître à nouveau (courbe remontante). La première zone de la courbe vierge se termine lorsque tous les grains du chapelet sont strictement démarrés.

La courbe représentative des forces aux divers points de la longueur primitive est composée de droites ayant uniquement les coefficients angulaires $+\varphi$, 0 et $-\varphi$. L'allongement λ_{12} correspondant à l'une de ces droites pour laquelle les forces aux extrémités sont F_1 et F_2 est

$$\lambda_{12} = \frac{\alpha}{2\varphi}\left(F_1^2 - F_2^2\right), \qquad (1)$$

α étant l'élasticité des ressorts du chapelet, et $F_1 > F_2$.

Cette formule permet de calculer l'allongement total λ pour une courbe quelconque des forces, et en particulier λ en fonction de F pour des cycles symétriques ou non.

Pour la courbe vierge :

$$\lambda = \frac{\alpha}{2\varphi} F^2. \qquad (2)$$

La plus simple application de cette image au magnétisme consiste à imaginer une lamelle magnétique comprenant à l'état vierge une seule couche d'aimants élémentaires s'opposant deux à deux, cette lamelle étant placée dans un champ normal à son axe. Chaque aimant peut tourner à l'intérieur d'une cavité fixe à laquelle il est relié par des chapelets hystérétiques analogues à ceux qu'on a envisagés ci-dessus et qui l'attaquent tangentiellement. Sous l'influence du champ H, chaque aimant tourne d'un angle δ; le couple, proportionnel à $H\cos\delta$ équilibre le couple du chapelet, proportionnel à $\delta^{\frac{1}{2}}$, d'après (1); ρ étant une constante, on a

$$\frac{H}{\rho} = \frac{\delta^{\frac{1}{2}}}{\cos\delta}, \qquad (3)$$

si le ressort était sans frottement, on aurait

$$(4)\qquad \frac{H}{\rho'} = \frac{\delta}{\cos\delta};$$

d'autre part, l'*intensité d'aimantation* est

$$(5)\qquad \mathcal{J} = I \sin\delta,$$

I étant l'intensité à saturation.

Si l'on trace une courbe d'abscisses $\frac{\delta^{\frac{1}{2}}}{\cos\delta}$ et d'ordonnées $\sin\delta$, cette courbe a l'allure d'une courbe vierge d'aimantation (point d'inflexion et saturation), mais avec coefficient angulaire nul de la tangente à l'origine. (En prenant pour abscisse $\frac{\delta}{\cos\delta}$, le point d'inflexion disparaît.)

On trouve une perte par cycle proportionnelle à $(\delta_m)^{\frac{3}{2}}$, δ_m étant l'angle correspondant à l'intensité maximum $\mathcal{J}_m = I \sin\delta_m$. La courbe

$$(\delta_m)^{\frac{3}{2}} = f(\sin\delta_m)$$

est une sorte de parabole à exposant $\left(n' = \frac{\frac{dy}{dx}}{\frac{y}{x}}\right)$ croissant à partir de $\frac{3}{2}$, ce qui est dans le sens de l'inconstance constatée de l'exposant n de Steinmetz, dans la formule

$$\omega = \eta B_m^n,$$

où ω est la perte par cycle d'*induction* maxima B_m, et η une constante.

Si l'on suppose un grand nombre de lamelles superposées, le champ sera $H + a\mathcal{J}$, au lieu de H, et l'on peut effectuer tous calculs de cycles d'après cette extension, mais la relation entre les pertes et $\mathcal{J}$ demeure la même, δ restant le même qu'auparavant pour un même $\mathcal{J}$.

Pour tenir compte du coefficient angulaire fini de la tangente à l'origine, on ajoutera au chapelet hysterétique, du côté A, un ressort pur de tout frottement, d'allongement proportionnel à F.

On pourrait se proposer d'effectuer une évaluation statistique, en supposant les axes des aimants répartis également dans toutes les directions pour l'état vierge.

L'image rend compte des nombreux états *neutres* possibles et de l'opération à effectuer pour revenir à l'état *vierge*.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la possibilité de mettre en accord la théorie électromagnétique avec la nouvelle mécanique ondulatoire.* Note [1] de M. **Louis de Broglie**, présentée par M. M. de Broglie.

La mécanique ondulatoire admet l'existence dans tous les phénomènes physiques d'une grandeur périodique obéissant à une équation de propagation qui, pour le cas simple d'un point matériel placé en dehors de tout champ, s'écrit

$$\Delta u - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{4\pi^2}{c^2}\nu_0^2 u. \tag{1}$$

Dans une Note récente [2], M. Bateman a montré que les fonctions génératrices du champ électromagnétique permettant de définir les potentiels par les relations

$$a_x = \frac{1}{2}\left[\theta_1\frac{\partial\theta_2}{\partial x} - \theta_2\frac{\partial\theta_1}{\partial x}\right], \quad \ldots, \quad \psi = -\frac{1}{2c}\left[\theta_1\frac{\partial\theta_2}{\partial t} - \theta_2\frac{\partial\theta_1}{\partial t}\right] \tag{2}$$

doivent sans doute *toutes deux* être assimilées à la fonction u. Dans le cas simple où l'équation (1) est valable, la relation de Lorentz entre les potentiels se trouve alors vérifiée.

Si l'on relie comme d'habitude les champs aux potentiels, on a

$$h_x = -\frac{\partial\psi}{\partial x} - \frac{1}{c}\frac{\partial a_x}{\partial t} = \frac{1}{c}\frac{\partial(\theta_1, \theta_2)}{\partial(x, t)} \quad \ldots, \quad H_x = \operatorname{rot}_x a = \frac{\partial(\theta_1, \theta_2)}{\partial(y, z)} \quad \ldots. \tag{3}$$

De ces définitions découle le premier groupe des équations de Maxwell, c'est-à-dire celui qui donne la divergence de H et le rotationnel de h.

Envisageons une charge ponctuelle isolée à symétrie sphérique et choisissons un système de référence galiléen dont elle occupe l'origine.

Les fonctions θ solutions de (1) devront être de la forme $\left(\frac{A}{r} + B\right)\begin{matrix}\sin\\ \cos\end{matrix}\, 2\pi\nu_0 t$.

A titre d'exemple simple posons

$$\theta_1 = \frac{A}{r}\cos 2\pi\nu_0 t, \qquad \theta_2 = B \sin 2\pi\nu_0 t. \tag{4}$$

---

[1] Séance du 4 janvier 1927.

[2] *Nature* (London), **118**, 1926, p. 839.

Par (2) et (3) on obtient alors

$$(5)\quad \begin{cases} \vec{a} = -\dfrac{AB}{4}\,\text{grad}\left(\dfrac{1}{r}\right)\sin 2\pi\nu_0 t, & \psi = -\dfrac{\pi\nu_0}{c}\dfrac{AB}{r} = \dfrac{K}{r}, \\ \vec{H} = 0, & \vec{h} = -K\,\text{grad}\left(\dfrac{1}{r}\right)[1+\cos 4\pi\nu_0 t]. \end{cases}$$

Si le phénomène étudié évolue très peu pendant la durée de la période $\frac{1}{\nu_0}$, il suffit de prendre les valeurs moyennes et l'on retrouve alors les expressions classiques des potentiels et des champs autour d'une charge ponctuelle immobile.

Il se pourrait donc fort bien que les valeurs classiques des potentiels et des champs soient seulement les valeurs moyennes des grandeurs réelles. Le deuxième groupe des équations de Maxwell et la théorie de la distribution des énergies dans le champ qui en résulte ne seraient alors applicables qu'aux phénomènes macroscopiques évoluant assez lentement et seraient inexactes pour ceux dont la durée est de l'ordre de la période des fonctions génératrices. L'idée de Bateman pourrait donc conduire à expliquer à la fois les succès et les échecs de la théorie de Maxwell-Lorentz et permettre de la corriger en la mettant en accord avec la nouvelle mécanique.

Enfin signalons qu'il paraît possible de relier les idées précédentes à la théorie de l'Univers à cinq dimensions (Kaluza, Kramers, Klein) et de définir les quinze g_{ik} de cet Univers au moyen de la seule fonction θ_1 en considérant θ_2 comme la dérivée de θ_1 par rapport à la cinquième et nouvelle variable x^0.

En tout cas, la remarque de M. Bateman paraît susceptible de permettre la définition des grandeurs oscillantes introduites par la mécanique ondulatoire en fonction des grandeurs reliées à la théorie électromagnétique et par là, elle présente une grande importance pour le développement de la nouvelle mécanique.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Peut-on déceler directement le moment magnétique de l'électron?* Note [1] de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. M. Brillouin.

Pour interpréter les spectres de multiplets et leurs effets Zeeman, on admet actuellement que les électrons tournent sur eux-mêmes; leur moment

[1] Séance du 4 janvier 1927.

de quantité de mouvement serait $\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}\left(\frac{1}{2}\text{ quantum}\right)$, mais leur moment magnétique vaudrait un magnéton de Bohr. Il serait très important de vérifier cette hypothèse par une expérience directe; dans tous les cas usuels, le rôle de ce moment magnétique sera tout à fait imperceptible; l'expérience suivante me paraît pourtant réalisable :

Je suppose un faisceau rectiligne d'électrons; ils ont été, par exemple, émis par un fil chaud, puis accélérés par une différence de potentiel V; leur vitesse v est donnée par

$$\frac{1}{1} m v^2 = e\text{V}. \tag{1}$$

Un jeu d'écrans limite un faisceau étroit, qui pénètre dans une enceinte vide à potentiel constant; ces électrons rencontrent alors un champ magnétique H sous une incidence presque normale; soit θ l'angle de la trajectoire des électrons avec le champ H; la vitesse des électrons, suivant la tangente aux lignes de force est $v_t = v\cos\theta$; les électrons s'enrouleront autour de ces lignes de force, et les suivront avec une vitesse v_t qui devrait rester constante si l'électron n'était pas magnétique. Tous ces électrons finiraient ainsi par arriver jusqu'à un des pôles de l'électro-aimant produisant le champ. Je suppose que ce pôle est isolé électriquement, et maintenu au même potentiel que toute l'enceinte, dans laquelle il pénètre; dès qu'on établirait un champ magnétique suffisant, on recueillerait sur ce pôle tout le faisceau d'électrons.

Admettons maintenant que l'électron ait un moment magnétique μ; le champ magnétique n'étant pas uniforme, l'électron subira une force $\pm\mu\frac{\partial\text{H}}{\partial s}$, en appelant s une longueur comptée suivant la ligne de force.

On sait que le moment magnétique ne peut prendre que deux orientations, dans le sens du champ ou en sens inverse; c'est là l'origine du double signe devant μ. Les deux orientations sont également probables, *a priori*, ainsi que l'ont vérifié Stern et Gerlach sur les atomes d'argent; nous avons donc

$$\pm\mu\frac{\partial\text{H}}{\partial s} = m\frac{dv_t}{dt} = m\frac{dv_t}{ds}\frac{ds}{dt} = mv_t\frac{dv_t}{dt}. \tag{2}$$

Intégrons, en affectant de l'indice 0, les valeurs au point où l'électron entre dans le champ; l'indice 1 correspondra à l'extrémité de leur course, près du pôle de l'électro-aimant

$$\pm\mu(\text{H}_1 - \text{H}_0) = \frac{1}{2}m(v_{1t}^2 - v_{0t}^2) = \frac{1}{2}m(v_{1t}^2 - v^2\cos^2\theta). \tag{3}$$

Je suppose alors que le champ soit créé par un pôle d'électro-aimant effilé, de sorte que le champ H_1 auprès du pôle soit très fort, mais que ce champ diminue très vite lorsqu'on s'éloigne du pôle en suivant une ligne de force, pour arriver à un champ H_0 très faible. Pour un champ H_1 assez puissant je pourrai arriver à arrêter la moitié des électrons $\left(\text{ceux dont le moment magnétique est orienté en sens inverse de } \frac{\partial H}{\partial s}\right)$; ces électrons seront repoussés et repartiront suivant la ligne de force, jusqu'à l'autre pôle de l'électro-aimant.

Posons donc v_{ll} nul et nous avons la relation

$$H_1 - H_0 = \frac{1}{2}\frac{mv^2}{\mu}\cos^2\theta = \frac{e}{\mu}V\cos^2\theta, \tag{4}$$

le rapport $\frac{e}{\mu}$ est égal au rapport de la charge électrique (9660) au magnéton de Bohr (5600) par molécule gramme, en unités C. G. S. électromagnétiques. Si les électrons ont été accélérés sous 1 volt (10^8 E. M. C. G. S.) et que l'angle θ soit tel que l'on ait $\cos\theta = 10^{-2}$, on constate qu'il faudra réaliser, le long d'une ligne de force magnétique, une variation de champ de 17500 gauss environ.

Le pôle d'électro-aimant, isolé électriquement de l'enceinte à potentiel constant, sera maintenu à ce même potentiel, et l'on mesurera le courant reçu par ce pôle, pour diverses excitations de l'électro-aimant; pour une excitation croissante, le courant atteindra très vite une valeur constante, car tous les électrons s'enroulant autour des lignes de force finiront par arriver au pôle; mais lorsqu'on arrivera à une excitation assez forte pour que la condition (4) soit satisfaite, le courant devra tomber à la moitié de sa valeur.

Les conditions supposées sont évidemment difficiles à réaliser, mais ne semblent pas impossibles.

MÉTROLOGIE. — *Étalons en quartz, témoins de l'unité métrique. Résultats des mesures de longueurs et d'indices.* Note [1] de M. **Albert Pérard**, présentée par M. A. Cotton.

Ces étalons, respectivement de 10, 20, 30, 40, 50 et 100^{mm}, sont constitués par des prismes droits, à section carrée de 25^{mm} de côté, dont

[1] Séance du 4 janvier 1927.

les bases soigneusement travaillées, polies, planes et parallèles, sont normales à l'axe cristallographique. La présente Note a pour but de faire connaître les résultats de leur étude. Les deux méthodes qui ont servi à les déterminer ont été exposées dans une publication antérieure (¹). Je rappellerai seulement qu'elles mettent en œuvre les phénomènes d'interférences lumineuses, l'une faisant intervenir l'indice du quartz, qui se trouve simultanément déterminé avec une très haute précision, l'autre indépendante de cet indice.

Une série secondaire de quartz, de 1, 2, 4, 6 et 8^{mm}, avait servi à l'élaboration de la première méthode en même temps qu'à l'établissement de valeurs approchées des indices. Tous les quartz témoins ont été l'objet de 7 à 18 déterminations, par chacune des deux méthodes, exécutées au cours des années 1922-1925 à des températures s'échelonnant entre 5° et 25°. Pour le quartz de 10^{mm}, j'ai admis la formule de dilatation obtenue sur lui, entre 0° et 100°, par une détermination spéciale au dilatomètre Fizeau. Pour tous les autres, le coefficient β du terme du second degré a été seul emprunté à cette formule, le coefficient α du terme du premier degré étant déduit de l'ensemble des présentes expériences.

Les résultats les plus probables tirés de tout l'ensemble des mesures ont été les suivants :

$$
\begin{aligned}
q_{10} &= 9998^{\mu},795\,(1 + 7,1441\,.\,10^{-6}\theta + 8,202\,.\,10^{-9}\theta^2)\\
q_{20} &= 19997,451\,(1 + 7,121\,.\,10^{-6}\theta + 8,202\,.\,10^{-9}\theta^2)\\
q_{30} &= 29997,465\,(1 + 7,138\,.\,10^{-6}\theta + 8,202\,.\,10^{-9}\theta^2)\\
q_{40} &= 39994,167\,(1 + 7,098\,.\,10^{-6}\theta + 8,202\,.\,10^{-9}\theta^2)\\
q_{50} &= 49996,889\,(1 + 7,133\,.\,10^{-6}\theta + 8,202\,.\,10^{-9}\theta^2)\\
q_{100} &= 99987,915\,(1 + 7,113\,.\,10^{-6}\theta + 8,202\,.\,10^{-9}\theta^2)
\end{aligned}
$$

A 15°, les écarts des résultats moyens de chacune des méthodes par rapport à la valeur moyenne, déduite de l'une des formules ci-dessus, sont compris entre $0^{\mu},002$ et $0^{\mu},007$. Cependant, pour tenir compte non seulement de la grandeur des erreurs résiduelles de chaque expérience par rapport aux valeurs issues de ces formules, mais encore des erreurs systématiques que, malgré toutes les précautions prises et malgré l'usage de deux méthodes entièrement différentes, on ne doit jamais se flatter d'avoir éliminées entièrement, on évaluera à $0^{\mu},01$ ou $0^{\mu},02$ l'exactitude de ces résultats dans tout l'intervalle de température des expériences. Obtenus

(¹) *Sixième Conférence internationale des Poids et Mesures*, 1921, p. 61, et *Comité international des Poids et Mesures, Procès-Verbaux*, 2ᵉ série, **10**, 1923, p. 24, et **11**, 1925, p. 25.

dans la région centrale des surfaces terminales, ils ont été complétés par l'étude de la forme de ces surfaces et par la détermination relative de la longueur en quatre points situés aux angles.

Chaque expérience de la première méthode donnait de façon indépendante la valeur de l'indice (rayon ordinaire) correspondant à chaque radiation. Pour le quartz de 100^{mm} l'absence d'interférences visibles à l'intérieur du quartz n'a pas empêché d'utiliser les deux autres phénomènes pour la détermination de l'indice, avec l'obligation seulement d'emprunter à la première méthode la longueur de l'étalon, calculée à la température ambiante.

J'ai trouvé tout d'abord que le coefficient de variation thermique h de l'*indice absolu* N pouvait, dans les limites du spectre visible, être considéré comme fonction linéaire de l'inverse de la longueur d'onde λ dans l'air :

$$N_\theta = N_0 + h\theta \qquad \text{avec} \qquad h = a + \frac{b}{\lambda},$$

les coefficients numériques a et b étant peu différents d'un quartz à l'autre (valeurs moyennes $a = -6{,}95.10^{-6}$, $b = +0{,}58.10^{-6}$, λ exprimé en micron).

Au moyen des divers coefficients h, les résultats donnés dans toutes les radiations par une même expérience ont été ramenés à la température moyenne de $15°$; et pour chaque étalon on a calculé les valeurs les plus probables des indices à cette température. Dans le but de relier ensuite et de compenser entre elles les valeurs fournies par les diverses raies pour le même quartz, on a cherché une formule de dispersion, en remarquant que, dans l'intervalle étudié, quatre termes suffisaient à représenter l'indice sous la forme de Mouton et de M. Carvallo :

$$(1) \qquad \frac{1}{N^2} = C\lambda_q^2 + A + B\lambda_q^{-2} + B'\lambda_q^{-4},$$

où λ_q est la longueur d'onde *dans le quartz* pour une raie déterminée; C, A, B, B′ sont des coefficients numériques, qui ont tout d'abord été calculés de façon indépendante pour les six étalons. Progressivement on a reconnu que, sans accroître les erreurs résiduelles au delà de la grandeur des erreurs possibles d'observation, on pouvait ramener à l'égalité trois de ces coefficients et adopter pour tous les quartz les valeurs

$$C = +0{,}00473454, \qquad B = -0{,}0008192569, \qquad B' = -0{,}00000031483,$$

ce qui a conduit à calculer pour A les valeurs respectives

q_{10}	q_{20}	q_{30}	q_{40}	q_{50}	q_{100}
+0,424062444	0,424064459	0,424064790	0,424064342	0,424064048	0,424065004

Au moyen de ces nombres, la formule (1) donne les valeurs de l'indice absolu (rayon ordinaire) à 15° avec une précision qui paraît atteindre 4 à 5.10^{-8} pour le quartz de 100^{mm}, et qui peut être considéré en gros, pour les autres quartz, comme inversement proportionnelle à leur longueur, soit encore de 4 à 5.10^{-7} pour celui de 10^{mm}.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'arc de l'europium. Mesures faites à la pression normale, entre* 3100 *et* 2200 I. A. Note de M. **S. Piña de Rubies**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note récente ([1]) sur le spectre de l'europium, nous avons arrêté nos mesures vers la longueur d'onde 3100 I. A., nous les complétons maintenant jusqu'à 2200 I. A. environ, dans les mêmes conditions de travail observées précédemment. Dans cette région, nos spectrogrammes sont très intenses et présentent un nombre plus élevé de raies que le spectre de mélanges d'europium (Auer), spectre à son tour plus riche en raies que celui de l'europium d'Urbain, mesuré aussi par Eder (2), et nous signalons comme appartenant à cet élément les raies suivantes :

Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.
3090,4	1	3029,6	1+près d'une raie connue	2958,6.	1
84,0.	1			56,1.	1 Ti?
72,9	1	15,8	1	51,2	0
71,6	1	10,5	0 ?	44,1	1 a
70,3	1+dif.	3004,8	1+	40,8	1
63,5	1	2998,2	1	39,7	1 }
62,2	1 a	90,2	1	39,4	0 }
60,6	1	86,9	1	31,6	1
50,1.	1	86 3.	1 a	26,1	1+a
49,0	1	85.3.	1	23,9.	1
46,1	1 a	82,3	1 dif.	22,5.	1
45,0	1	76,5.	1 dif.	22,2	0
39,9	1+a	75,2	1	21,1.	0
36,8	0 a	70,7	1	19,4	1 } dif.
35,3	1	66,6	1 près d'une raie connue	18,8	0 }
34,1	1			01,1	1 } dif.
31,1.	1+	63,7	0	2900,5	1 }

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 385.

([2]) *Tables annuelles de Constantes et données numériques*, 1re partie, 5, 1925, p. 432.

Longueur d'onde.	Intensité.
2899,1	1
91,4	2
78,2	0
74,7	0
57,8	1 dif. sb.
54,4	1 dif.
40,2	0 dif.?
34,5	0
25,2	1+
08	1 très dif.
05,8	1
02,9	3 sur Mg
2800,1	1+a
2797,3	1
96,2	1
87,2	1
72,6	1+près d'une raie connue
66,9.	2
57,2.	1 près du Fe
50,5	1
25	1 } b. b.
22,8	1 } b. b.
2708,0	1 Sm?
2695,4	1
95,0	1
71,9.	0
63,9	0 dif.?
57,1	1 +
54,7	1
43	1
37,1	1 } dif. v.
34,2	0 } dif. r.
31,6	1
26,7	2
26,3	1
24,0	1
19,2	1+
16,3	1

Longueur d'onde.	Intensité.
2612,4	1+
05,6	1+
02,7	1 ?
2600,3	1+
2599,0.	1 a
97,9	1+a
96,4	1+
92,7	1+
86,8	0
85,4	
80,6	0
65,7	1
65,1	1 a
63,5	1 Fe?
54,5	1+près d'une raie connue
51,9	1+
47,2	1+
38,5	1 a
35,3	1+
31,8	1+?
20,6	0 dif. v.
15,3	0
2506,1	0 ?
2492,0	1
85,1	0
83,9	1
76,1	1+
74,6	1+?
64,5	2 Yb.?
40,6	1+
39,1.	1+près de Si
38,0	1+
24,7	1+
23,8	1+a
05,3	1
2403,5	0
2399,0	1 près d'une raie connue

Longueur d'onde.	Intensité.
2398	1 a
92,8	0
90,4	1
89,2	1+
86,1	0?
77,52	1+a
58,4	0
58,1	0
52,2	0
51,6	0
48	1+
45,0	1+
42,1	0
38,0	1+Fe?
29,6	1
28	1 } très dif.
27	0 } très dif.
25,4	1
23,8	0
23,6	0
20,9	0 ?
18,1	1+
13,2	1
07,3	0 très dif. r.
06,5	1
05,0	0 ?
04,4	0 très dif. v.
2302,3	1+
2295,1	1+
91,7	1+
86,4	1+
81,1	2
75,6	1+
54	0
47	1+
38	1+
2207	1+

a, bords pas nets; dif, diffuse; dif. v, diffuse vers le violet; dif. r, diffuse vers le rouge; sb, sur bande; b.b, les deux bords d'une bande.

Le point qui suit quelques chiffres indique que la deuxième décimale supprimée est supérieure à 5.

Nous avons retrouvé dans notre spectre de l'europium pur de M. G. Urbain toutes les raies données par Exner-Haschek (Eu-Demarçay) et toutes celles décrites par Eder (Eu-Urbain et Eu-Auer), sauf les lignes suivantes qui font défaut ou que nous considérons des impuretés :

Exner et Haschek.			Eder.					
Eu-Demarçay.			Eu-Urbain.			Eu-Auer.		
	Longueur d'onde.	Intensité.		Longueur d'onde.	Intensité.		Longueur d'onde.	Intensité.
Sm	3067,76	1	Fe	3037,31	1	Fe″	3047,60	1
Bi	3067,69	1	Fe?	3009,53	1	Fe″	3021,07	1
Pb?	2801,99	1 Eu?	Fe	2983,55	1	Fe″	3020,63	1
Fe	2490,69	1 Eu?		2948,61	1	Fe″	2973,22	1
				2824,54	1	Fe″	2966,93	1
				2793,19	1		2914,44	1
							2880,70	1
						Fe	2501,14	1
						Fe″	2484,15	1

Les raies du fer signalées par ″ sont communes aux spectres Urbain et Auer; toutes les lignes précédées du symbole du fer se trouvent très intenses dans nos charbons, ce sont des raies persistantes appartenant à des séries du fer.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelles recherches sur la structure du spectre du troisième ordre de l'oxygène* (O III). Note [1] de M. C. **Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une première Note [2] relative au spectre de O III, j'ai donné la description de 5 multiplets de multiplicité $z = 3$ appartenant à ce spectre. Mon relevé et mes mesures de l'effet Zeeman m'ont permis de trouver quatre autres multiplets du même système de triplets et 4 multiplets d'un système de quintuplets ($z = 5$). Ces multiplets sont donnés dans les deux tableaux suivants :

---

(1) Séance du 4 janvier 1927.

(2) C. Mihul, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1035.

TABLEAU I. — *Système des triplets.*

λ.	*i.*	ν.	Combinaisons.	λ.	*i.*	ν.	Combinaisons.
2794,20	4	35777,9	$a^3P_0 - {}^3D_1$	3267,29	5	30597,60	${}^3D_1 - {}^3F_2$
2799,02	2	716,4	$a^3P_1 - {}^3D_1$	3281,92	3	461,15	${}^3D_2 - {}^3F_2$
— (1)	—	—	$a^3P_2 - {}^3D_1$	3305,77	0	241,33	${}^3D_3 - {}^3F_2$
2809,72	5	35580,4	$a^3P_1 - {}^3D_2$	3260,95	8	30657,07	${}^3D_2 - {}^3F_3$
2818,67	2	37467,3	$a^3P_2 - {}^3D^2$	3284,56	4	436,68	${}^3D_3 - {}^3F_3$
— (2)	—	—	$a^3P_2 - {}^3D_3$	3265,41	10	30615,41	${}^3D_3 - {}^3F_4$
2713,44	2	36842,71	$a^3P_0 - a^3D_1$	2378,91	4	42023,2	$a^3D_1 - {}^3F_2$
2703,09	1	36902,7	$a^3P_1 - a^3D_1$	2372,87	3	42130,1	$a^3D_2 - {}^3F_2$
— (1)	—	—	$a^3P_2 - a^3D_1$	— (1)	—	—	$a^3D_3 - {}^3F_2$
2701,15	3	37010,3	$a^3P_1 - a^3D_2$	2383,96	5	41934,2	$a^3D_2 - {}^3F_2$
2692,75	1	37125,7	$a^3P_2 - a^3D_2$	2372,85	3	42141,2	$a^3D_3 - {}^3F_3$
2677,89	4	37331,8	$a^3P_2 - a^3D_3$	2382,30	7	41963,4	$a^3D_3 - {}^3F_4$

TABLEAU II. — *Système de quintuplets.*

λ.	*i.*	ν.	Combinaisons.	λ.	*i.*	ν.	Combinaisons.
2686,09	10	37217,9	${}^5P_3 - {}^5S_2$	3446,76	5	29004,76	${}^5D_1 - {}^5F_2$
2674,54	9	37378,6	${}^5P_2 - {}^5S_2$	3454,91	3	28936,10	${}^5D_2 - {}^5F_2$
2665,65	8	37503,2	${}^5P_1 - {}^5S_2$	3466,91	1	28835,97	${}^5D_3 - {}^5F_2$
3709,54	0	26949,9	${}^5D_0 - {}^5P_1$	3448,06	6	28993,57	${}^5D_2 - {}^5F_3$
3704,74	2	26984,8	${}^5D_1 - {}^5P_1$	3460,00	3	28893,55	${}^5D_3 - {}^5F_3$
3695,35	3	27053,35	${}^5D_2 - {}^5P_1$	—	—	— (3)	${}^5D_4 - {}^5F_3$
3721,94	0	26860,1	${}^5D_1 - {}^5P_1$	3450,95	7	28969,30	${}^5D_3 - {}^5F_4$
3712,14	2	26928,8	${}^5D_2 - {}^5P_1$	3466,19	3	28841,97	${}^5D_4 - {}^5F_4$
3698,71	4	27028,8	${}^5D_3 - {}^5P_1$				
				3455,16	7	28934,01	${}^5D_4 - {}^5F_5$
3734,82	0	26767,45	${}^5D_2 - {}^5P_1$				
3720,89	2	29867,7	${}^5D_3 - {}^5P_1$	3336,78	3	29260,39	${}^5P_1 - {}^5P'_1$
3703,34	5	26995,0	${}^5D_4 - {}^5P_1$	3350,68	4	29836,14	${}^5P_2 - {}^5P'_1$
3447,22	4	29000,64	${}^5D_0 - {}^5F_1$	3330,41	5	30017,68	${}^5P_1 - {}^5P'_2$
3451,35	3	28963,95	${}^5D_1 - {}^5F_1$	3344,27	2	29893,22	${}^5P_2 - {}^5P'_2$
3459,55	1	28897,31	${}^5D_2 - {}^5F_1$	3362,39	5	29732,17	${}^5P_3 - {}^5P'_2$
				3333,00	5	29994,36	${}^5P_2 - {}^5P'_2$
				3351,00	5	29833,30	${}^5P_3 - {}^5P'_2$

(1) Raie faible, non relevée.
(2) Raie non séparée de la raie $\lambda = 2836,44$ de O II.
(3) Raie superposée à un ghost de la raie 3570,34 de O II.

Avec les valeurs admises conventionnellement pour les termes déjà reconnus dans le système des triplets, les valeurs des termes nouveaux a^3D et ^3F sont les suivantes :

a^3D_1	168928	$^3F_2$	125905,58
a^3D_2	169036	$^3F_3$	127101,56
a^3D_3	169243	$^3F_4$	127280,17

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une méthode d'électrolyse ignée des composés oxygénés. Application à la préparation d'un certain nombre de métaux et de borures.* Note de M. **Andrieux**, présentée par M. G. Urbain.

La dissolution des oxydes métalliques dans l'anhydride borique fondu fournit des liquides visqueux qui ne se liquéfient qu'à des températures relativement élevées. En outre, les produits obtenus ne sont pas toujours homogènes; très souvent, comme l'a montré Guertler [1], ils présentent l'aspect d'une émulsion ou bien ils se séparent en deux couches non miscibles. Aussi l'électrolyse de ces produits présente de grosses difficultés; parfois même elle est impossible.

J'ai pu cependant utiliser les propriétés dissolvantes des composés borés pour préparer des bains de fusion qui m'ont permis de faire l'électrolyse d'un grand nombre de corps oxygénés. A cet effet j'ai ajouté, lorsque c'était nécessaire, aux mélanges d'acide borique ou de borax et d'oxyde ou de sel oxygéné, des sels tels que les fluorures, qui donnent avec ces mélanges des produits fondus stables, homogènes et suffisamment fluides pour servir de bains d'électrolyse.

En utilisant l'appareil que j'ai décrit dans une précédente Note [2] et en faisant varier la composition du bain, la température et la densité du courant, j'ai obtenu des produits très variés : des métaux, des métalloïdes, des alliages, des composés binaires et quelquefois plus complexes.

Par exemple, en électrolysant, avec une forte densité de courant à la cathode, un mélange formé d'un oxyde métallique, d'anhydride borique ou de borax et d'un fluorure alcalin ou alcalino-terreux, on obtient généralement le métal de l'oxyde soit à l'état fondu, lorsque ce métal est facilement fusible : plomb, zinc, cadmium, etc., soit à l'état cristallisé, lorsque ce métal

---

[1] Guertler, *Zeitschr. anorg. Chem.*, **40**, 1904, p. 225.

[2] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 126.

est réfractaire. On peut ainsi préparer la plupart des métaux dont les chaleurs d'oxydation sont inférieures à celle du sodium; cette méthode est particulièrement intéressante pour l'obtention du tungstène et du molybdène qui se séparent, si l'on opère dans des conditions convenables, à l'état pur sous forme de gros cristaux.

L'électrolyse des mélanges précédents, avec une faible densité de courant à la cathode, donne généralement naissance à des borures.

Pour obtenir les borures des métaux terreux et alcalino-terreux, le bain d'électrolyse doit être formé par un mélange d'anhydride borique, de l'oxyde du métal dont on veut préparer le borure et du fluorure de ce même métal ou du fluorure d'un métal plus difficilement oxydable. On peut ainsi obtenir facilement, à des températures de l'ordre de 1000 à 1200°, la plupart des borures métalliques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constante d'équilibre de la réaction d'éthérification dans la phase gazeuse.* Note [1] de MM. **W. Swietoslawski** et **S. Poznanski**, présentée par M. Charles Moureu.

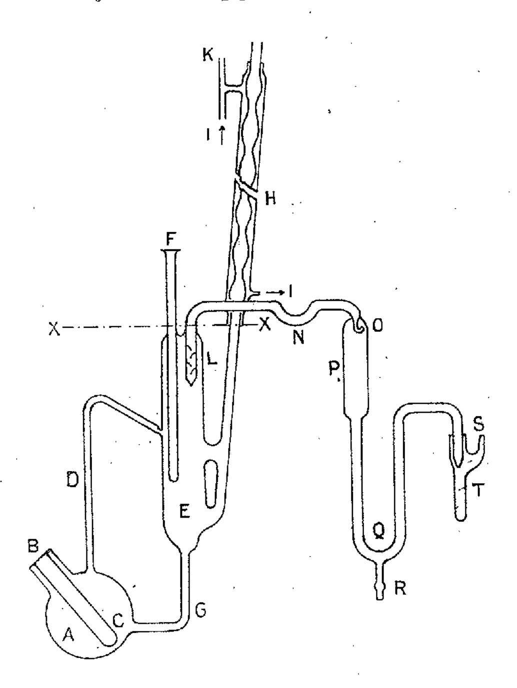
L'un de nous a publié en 1924 un Mémoire [2] dans lequel était établi le rapport qui existe entre la constante d'équilibre dans la phase liquide K_l et la constante d'équilibre dans la phase gazeuse K_g. Sur le même sujet, A. Barcinski a fait en 1923 des expériences pour déterminer quelle était la valeur de la constante d'éthérification dans la phase gazeuse. Ces recherches n'ont pas été publiées, par suite de difficultés techniques, qui n'ont pas permis une détermination exacte de la valeur que l'on désirait établir. Elles ont été reprises par nous plus tard en nous servant d'un appareil dont la construction était analogue au nouvel ébullioscope construit en 1925 par MM. W. Swietoslawski et W. Romer. Comme précédemment, la réaction étudiée a été celle de l'acide acétique sur l'alcool éthylique. Nos recherches étaient en cours au moment où parut un travail de MM. G. Edgar et W.-N. Schuyler, qui ont déterminé la valeur de la constante K_g pour la même réaction. Ces auteurs ont obtenu pour cette constante K_g des valeurs qui variaient entre 373 et 844 ou entre 284 et 724, suivant que l'on tenait compte ou non du degré d'association de l'acide acétique dans la

(1) Séance du 26 décembre 1926.

(2) W. Swietoslawski, *Bull. Soc. chim. France*, 4e série, 35, 1924, p. 690.

vapeur. Les erreurs d'expérience étaient assez considérables : elles atteignaient ± 26 pour 100.

Nous nous abstiendrons de toutes remarques critiques concernant le travail de MM. Edgar et Schuyler, et nous donnons les résultats de nos mesures exécutées au moyen de l'appareil représenté ci-dessous.



Dans cet appareil le liquide bouillant est renvoyé par le tube D dans le tube F, où se trouve un thermomètre plongé dans le mercure, de manière à fixer exactement quelle est la température d'ébullition des mélanges. A l'aide d'un séparateur on a éliminé l'influence des gouttelettes provenant du liquide pendant la distillation de la vapeur.

Tout l'appareil jusqu'au niveau XX était plongé dans un thermostat. Le tube MN était chauffé à une température supérieure à celle d'ébullition du liquide. L'ébullition du mélange était provoquée dans le vase A à l'aide d'un réchauffeur électrique fixé dans le tube C et dont la surface, mise en contact avec le liquide, était activée d'une manière spéciale, ce qui permettait d'obtenir une ébullition régulière.

On a examiné de cette manière toute une série de mélanges d'alcool et d'acide acétique, d'eau et d'éther à l'état d'équilibre, et déterminé la constante K_g pour différents mélanges. On a obtenu ainsi les valeurs 51, 57, 58, 62, 72, 60, 66, 48, 50, 53, soit en moyenne 58.

Les erreurs d'expériences ne dépassent pas en moyenne ± 10 pour 100.

Elles sont donc deux fois et demie plus faibles que celles des données obtenues par MM. Edgar et Schuyler.

On constate en outre que la constante d'équilibre dans la phase gazeuse est, d'après nos recherches, huit à dix fois plus petite que le nombre moyen obtenu par les auteurs américains.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le pouvoir rotatoire des corps organiques en fonction du* pH; *l'acide malique.* Note [1] de M. **Edmond Vellinger**, présentée par M. J. Perrin.

On sait que le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique présente en fonction du pH des variations caractéristiques calculables à partir des formules classiques de dissociation, en posant que la valeur de la rotation observée est égale, pour chaque pH, à la somme des rotations des deux anions et du résidu de dissociation [2]. Des variations semblables existent pour des bases et ampholytes actifs [3]. Il était indispensable d'examiner si tous les acides actifs présentent des variations analogues à celle de l'acide tartrique, et quelle serait la répercussion des propriétés spécifiques de chaque acide sur la forme et la position des courbes dans l'échelle des pH. Nous avons repris l'étude de l'acide malique en opérant comme pour l'acide tartrique. Déjà Darmois [4], en étudiant le malate de cuivre, avait obtenu pour ce corps une branche de courbe de rotation en fonction du pH.

Courbe $(\alpha) = f(\mathrm{pH})$. — La courbe de rotation en fonction du pH a une allure identique à celle de l'acide tartrique et se calcule avec la même formule :

$$[\alpha]_t = \frac{[\alpha]_{a^-}}{1 + \frac{H}{K_1} + \frac{K_2}{H}} + \frac{[\alpha]_{a^{--}}}{1 + \frac{H}{K_2} + \frac{H^2}{K_1 K_2}} + \frac{[\alpha]_r}{1 + \frac{K_1}{H} + \frac{K_1 K_2}{H^2}},$$

$$[\alpha]_{a^-} = 135.10^{-2}; \quad [\alpha]_{a^{--}} = 143.10^{-2}; \quad [\alpha]_r = 25.10^{-2},$$

$$\mathrm{p}K_1 = 3{,}46; \quad \mathrm{p}K_2 = 5{,}05.$$

Cette courbe ne diffère de celle de l'acide tartrique que par deux points.

---

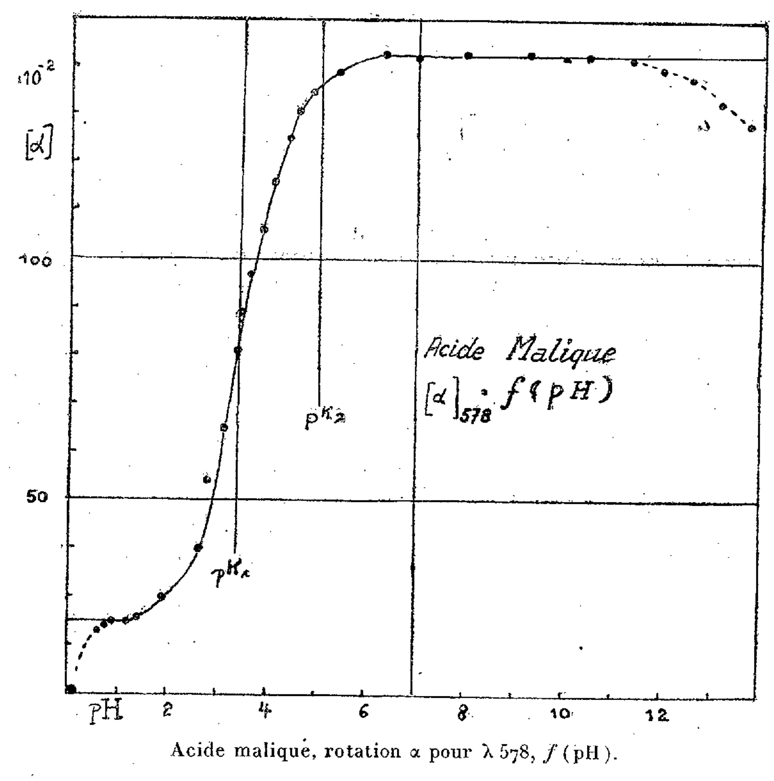
(1) Séance du 22 novembre 1926.

(2) F. Vlès et E. Vellinger, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 742; *Bull. Soc. chim.*, **37**, 1925, p. 841; *Arch. Phys. biolog.*, **5**, 1926, p. 36.

(3) Mlle Liquier, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 269. — E. Vellinger, *Arch. Phys. biol.*, **5**, 1926, p. 31.

(4) Darmois, *Journ. de Phys.*, 5e série, **6**, 1924, p. 227.

En premier lieu, la partie à pente rapide est légèrement décalée dans l'échelle des pH, et le point d'inflexion correspond sensiblement à la valeur de pK_1 ; il s'ensuit donc que les plus importantes variations du pouvoir rotatoire dans l'échelle des pH sont commandées par la dissociation de la première valence de l'acide.



Acide malique, rotation α pour λ 578, f (pH).

En second lieu, la dépression des deux extrémités de la courbe est plus importante que pour l'acide tartrique. Cette anomalie débute également plus tôt dans ce dernier cas.

Dispersion. — Les courbes de dispersion en fonction du pH sont analogues à celles de l'acide tartrique. Lorsqu'on applique le schéma de Darmois, on constate que les droites sont bien dirigées dans une même direction ; mais contrairement à l'acide tartrique (¹) elles ne semblent pas passer exactement par un point unique et une certaine irrégularité se manifeste dans leur convergence ; il est cependant pour le moment impossible d'as-

(¹) E. Vellinger, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 741.

surer que cette irrégularité ne résulte pas d'une précision insuffisante dans des mesures. En effet, pour faire converger toutes les droites vers un point moyen, il suffirait de corriger les valeurs de $(\alpha)_{435}$ de 3 à 5 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le polymorphisme des acides gras.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. M. de Broglie.

L'étude aux rayons X des orientations formées par les acides gras a permis de suivre l'accroissement de longueur de leur chaîne carbonée d'un acide au suivant. Elle a conduit à une loi d'additivité simple : les interstices mesurés pour chacun d'eux portés sur un diagramme en fonction du nombre d'atomes de carbone renfermés dans la molécule se placent sur une *ligne droite*. La pente de cette droite mesure l'accroissement de l'interstice par atome de carbone et se trouve ordinairement variable d'une série à une autre, fait qui n'avait pas reçu d'explication simple et générale.

1. J'ai observé, en même temps que des auteurs anglais (¹), qu'un même acide gras pouvait prendre plusieurs formes cristallines caractérisées par des interstices différents, dans des conditions encore mal connues. En opérant avec une même préparation d'acide stéarique en solution dans l'éther, évaporée rapidement sur une lame de verre ou d'aluminium on observe tantôt une seule forme, tantôt plusieurs coexistantes par plages localisées sur la lame d'orientation. Pour l'acide stéarique, acide pour lequel les mesures ont été les plus précises, on obtient pour interstices correspondants :

$$d_A = 46,3\ \text{Å}, \qquad d_B = 44\ \text{Å}, \qquad d_C = 39,8\ \text{Å}.$$

2. Les valeurs mesurées pour les interstices des diverses formes d'un certain nombre d'acides gras se placent sur un faisceau de trois droites non parallèles, dont les pentes, c'est-à-dire l'accroissement de l'interstice par atome de carbone, sont de 1,41 Å pour la forme A, 1,22 Å pour la forme B, 1 Å pour la forme C. On peut donner une interprétation simple de la diversité des formes cristallines, en remarquant que ces nombres sont entre eux comme les cosinus des angles $\frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{3}$, $\frac{\pi}{4}$. Si l'on admet que les chaînes carbonées des trois formes sont identiques et que les différences d'interstice

(¹) Piper, Malkin, Austin, *Journ. of chem. Soc.*, 127, 1926, p. 2310. — Jean Thibaud, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 24.

observées proviennent uniquement d'une inclinaison différente des chaînes sur la base des molécules, on est conduit à penser que les chaînes carbonées forment avec le plan d'orientation *un angle de* 90° *pour la forme* A, *de* 60° *pour la forme* B, *de* 45° *pour la forme* C. La distance de deux atomes de carbone consécutifs est alors 1,41 Å, dont la projection sur la normale (1,41, 1,22, 1 Å) représente l'accroissement de l'interstice dans chacune des formes. Les atomes de carbone sont empilés les uns sur les autres sensiblement en ligne droite (les mesures cristallographiques attribuent un diamètre de 1,5 Å à l'atome de carbone).

Ces hypothèses sont fortement appuyées par les résultats de Müller qui a montré qu'un cristal d'acide stéarique étudié par lui était monoclinique, l'axe *c* de la cellule élémentaire (qui coïncide avec la longueur de la molécule) étant incliné à 60° sur les plans à grand interstice et ayant pour longueur 50,9 Å. C'est le cas d'une forme B : si l'on calcule, pour cette forme, la longueur totale de la cellule élémentaire (deux molécules bout à bout), dans notre hypothèse on trouve $2 \times 18 \times 1,41 = 50,8$ Å, en excellent accord avec l'observation de Müller et pour sa projection sur la normale, c'est-à-dire pour le grand interstice : $50,8 \cos\frac{\pi}{3} = 44$ Å, également en bon accord avec la valeur observée par l'interstice B. Pour les formes A et C, on devrait trouver pour le grand interstice (en supposant toujours la longueur de la chaîne égale à 50,8 Å) 50,8 et 36 Å, alors que les valeurs observées sont 46,3 et 39,8 Å, c'est-à-dire accusent une différence en moins ou en plus de 4 Å. Ces différences peuvent être attribuées à la disposition variable avec l'inclinaison des groupements terminaux (CH^3 et COOH) qui assurent la liaison des molécules superposées : très rapprochés dans le cas de la chaîne normale A, plus distants dans le cas de la chaîne inclinée C. Je rappelle que Coster et Prins, étudiant la répartition de l'intensité dans les ordres supérieurs des spectres d'acides gras (ils opéraient avec des formes C), ont admis que les plans à grande réflexion constitués par les carboxyles étaient précisément séparés par une distance de l'ordre de 4 Å.

3. On sait (Trillat) que la droite des interstices des acides saturés pairs (pente 1 Å par atome de carbone) ne coïncide pas avec celle des acides impairs (pente 1,22 Å). Ces droites se superposent sensiblement aux droites B et C et il semble possible de dire que les acides pairs prennent plus volontiers la forme C, tandis que les acides impairs préfèrent la forme B.

Plus généralement les droites d'interstices des diverses séries organiques à longue chaîne présentent fort souvent des pentes soit de 1, soit de 1,22 Å. Nous continuerons à admettre une seule forme de chaîne à atomes distants de 1,41 Å pour ces substances et nous dirons, par exemple, que les éthers monoéthyliques des diacides saturés prennent la forme C, tandis que leurs éthers diéthyliques adoptent la forme B. Pour les éthers d'acides saturés, la molécule est brisée, le radical acide n'ayant pas la même inclinaison que la fonction éthérifiante (45 et 60°).

4. On peut penser que la succession régulière des CH^2 constitue, dans la chaîne des acides gras, une série de plans réflecteurs, séparés, suivant la forme, par des interstices 1,41, 1,22, 1 Å et qui donneraient des raies intenses. J'ai enregistré les spectres de préparations d'acide stéarique éclairés par les rayons K du molybdène; on n'obtient pas moins de 20 raies dont les plus importantes correspondent à des interstices voisins de ceux indiqués. Il semble, d'ailleurs, que leur ordre d'intensité varie selon la forme cristalline de la préparation.

CHIMIE. — *Action des hautes températures sur quelques sulfures métalliques.* Note [1] de M. **Picon**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les sulfures que nous avons étudiés sont ceux de fer, de manganèse et de chrome. Ils ont été préparés par l'action de l'hydrogène sulfuré sur les oxydes correspondants chauffés à 900° dans un tube de porcelaine. Les deux premiers répondaient aux formules FeS et MnS. Celui de chrome renfermait $1^{at},35$ de soufre pour 1^{at} de métal.

Pour étudier leur décomposition sous l'action de la chaleur, on les a chauffés dans le four à tube de carbone avec vide au millième de millimètre de mercure précédemment décrit en collaboration avec M. Lebeau.

Le sulfure de fer se dissocie en ses éléments comme on l'a déjà signalé souvent. La décomposition commence à 1100°. Dès 1200°, le produit final ne renferme plus, après 8 heures de chauffe, que $0^{at},20$ de soufre pour 1^{at} de métal. A 1600°, la décomposition est complète, et le métal libéré se sature de carbone. Il ne semble pas que le carbone du tube intervienne pour faciliter l'expulsion du soufre. Une expérience comparative faite à 1150° dans un tube de quartz, avec et sans mélange de graphite, a donné la même teneur finale en soufre : $0^{at},81$ et $0^{at},83$ de soufre.

(1) Séance du 27 décembre 1926.

Le sulfure de manganèse se volatilise sans décomposition dès la température de 1375°, mais il n'y a aucune attaque de sulfure; celui-ci se condense en dissolvant du graphite dans la proportion de 13 à 14 pour 100 en opérant entre 1500 et 1750°. Le produit condensé sur un tube de cuivre refroidi intérieurement par un courant d'eau contient la même quantité de graphite. C'est donc bien le sulfure en se volatilisant qui entraîne le carbone. Le composé volatilisé se présente en cristaux cubiques. Sa composition correspond à la formule MnS si l'on fait abstraction du graphite dissous.

Le sulfure de chrome commence à se décomposer vers 1350°. Après 3 heures de chauffe à 1400°, sa teneur en soufre tombe de $1^{at},35$ à $1^{at},04$. Après 3 heures à 1500°, cette teneur passe à 0,20. Chauffé brusquement à 1550°, pendant un temps compris entre 5 et 10 minutes, le produit fond. Il renferme $1^{at},06$ de soufre. Cette température correspond donc au point de fusion du monosulfure CrS. Le produit fondu est cristallisé. Il ne dissout pas de graphite, mais contient des traces de carbure.

Les sulfures étudiés, chauffés dans le vide en présence de carbone, sont plus stables que les oxydes correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de préparation des dicétones α à partir des cétones α-β-éthyléniques.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Henri Moureu**, présentée par M. Béhal.

Les cétones α-β-éthyléniques, corps d'un accès facile, constituent des matières premières avantageuses pour la préparation des substances que l'on en peut faire dériver, telles par exemple les dicétones α, qui n'en diffèrent, théoriquement, que par un atome d'oxygène en plus.

Une semblable transformation, réalisée suivant deux processus fort intéressants, avait permis précédemment d'accéder aux trois dicétones α suivantes : propionylbutyryle (E.-E. Blaise), acétylisobutyryle et acétylpropionyle (Pauly). Nous n'avons pas rencontré d'exemple en série aromatique : au contraire, même, Pauly signale que ses réactions n'y sont pas applicables.

Il nous a semblé désirable de rechercher, pour effectuer le passage des cétones α-β-éthyléniques aux α-dicétones, un procédé qui puisse constituer, non un simple mode de formation de ces dernières, mais une méthode pratique de préparation. Nous avons alors cherché à généraliser la série de réactions :

$$\mathrm{R-CO-CH=CH-R'} \xrightarrow{\mathrm{Br^2}} \mathrm{R-CO-CHBr-CHBr-R'},$$
$$\xrightarrow{\mathrm{-HBr}} \mathrm{R-CO-CBr=CH-R'} \xrightarrow{\mathrm{C^5H^{10}NH}} \mathrm{R-CO-CBr(NC^5H^{10})-CH^2-R'},$$
$$\xrightarrow{\mathrm{-HBr}} \mathrm{R-CO-C(NC^5H^{10})=CH-R'} \xrightarrow{\text{acides}} \mathrm{R-CO-C(OH)=CH-R'},$$

(1) Séance du 4 janvier 1927.

qui nous avait permis de transformer régulièrement la benzalacétophénone en phénylbenzylglyoxal [1] et dont la caractéristique est l'obtention intermédiaire d'un dérivé aminé, facilement hydrolysable par les acides (c'est surtout la pipéridine qui a été utilisée).

1° Notre méthode consiste donc essentiellement à préparer une cétone α-bromée-α-β-éthylénique, à traiter cette substance par une amine, puis à hydrolyser par les acides le terme aminé obtenu après élimination du brome. Elle est applicable indifféremment à la série grasse et à la série aromatique. Suivant la cétone originelle, on observe, à la vérité, diverses particularités dans le mode de formation, la nature et les propriétés des termes intermédiaires, et nous en poursuivons l'étude; mais le point important, pour l'objectif du présent travail, est que le terme final des transformations se trouve être l'α-dicétone attendue. Diverses α-dicétones ont été préparées de la sorte.

2° La technique précédente nécessite la préparation préalable des cétones α-bromées-α-β-éthyléniques, qui s'effectue en enlevant, par un réactif alcalin, une molécule d'acide bromhydrique aux dibromures de cétones α-β-éthyléniques. Cette opération est souvent difficile, parfois même impraticable (cétones vinylées); elle constitue toujours une complication, que nous nous sommes proposé d'éviter.

La pipéridine devant être mise en œuvre dans l'un des stades de la technique, nous avons pensé qu'elle pourrait peut-être remplacer les réactifs alcalins étrangers utilisés pour l'élimination de l'acide bromhydrique : ce que l'expérience a confirmé.

Cette modification nous a alors permis d'apporter au procédé une simplification remarquable : on peut effectuer les cinq réactions successives sans avoir besoin d'isoler de termes intermédiaires. *La préparation se réduit ainsi à une seule opération, laquelle consiste à introduire successivement, dans la solution de la cétone éthylénique, le brome* (1 *mol.*), *la pipéridine* (4 *mol.*) *et enfin un acide en excès* : on obtient d'emblée l'α-dicétone cherchée.

La même technique est applicable, à quelques légères variantes près, aux cétones grasses ou aromatiques : elle convient tout particulièrement aux cétones vinylées, si facilement accessibles, soit en série grasse par l'élégante méthode de E.-E. Blaise et M. Maire, soit en série aromatique par l'excellent procédé de E.-P. Kohler.

Le tableau ci-après contient la liste des dicétones qui ont été préparées.

---

(1) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 573.

Deux d'entre elles ne sont obtenues qu'avec de faibles rendements : nous avons constaté, pour l'une d'elles, qu'il se produisait surtout une scission de la molécule. Pour les autres, les rendements, calculés à partir de la cétone éthylénique, varient entre 40 et 80 pour 100, ce qui implique, pour chacune des cinq réactions successives, des rendements oscillant entre 84 et 96 pour 100. On remarquera que l'on peut aboutir à l'acétylpropionyle aussi bien en partant de l'éthylvinylcétone qu'en partant de l'éthylidène-acétone.

Matières premières.		Dicétones obtenues.		Rendement % calculé à partir de la cétone αβ-éthylénique.
inylcétone......	$CH^3-CO-CH=CH^2$	Diacétyle..........	$CH^3-CO-CO-CH^3$	60
ylcétone........	$C^2H^5-CO-CH=CH^2$	→ Acétylpropionyle....	$C^2H^5-CO-CO-CH^3$	→ 58
ne-acétone......	$CH^3-CH=CH-CO-CH^3$			→ 41
inylcétone.......	$C^3H^7-CO-CH=CH^2$	Acétylbutyryle......	$C^3H^7-CO-CO-CH^3$	50
e mésityle.......	$(CH^3)^2C=CH-CO-CH^3$	Acétylisobutyryle.....	$(CH^3)^2CH-CO-CO-CH^3$	Faible
inylcétone.......	$C^6H^5-CO-CH=CH^2$	Acétylbenzoyle......	$C^6H^5-CO-CO-CH^3$	80
ne-acétophénone.	$C^6H^5-CO-CH=CH-CH^3$	Propionylbenzoyle...	$C^6H^5-CO-CO-CH^2-CH^3$	Faible
étone...........	$C^6H^5-CH=CH-CO-CH^3$	Méthylbenzylglyoxal.	$C^6H^5-CH^2-CO-CO-CH^3$	40
étophénone.....	$C^6H^5-CH=CH-CO-C^6H^5$	Phénylbenzylglyoxal.	$C^6H^5-CH^2-CO-CO-C^6H^5$	60
étophénone.....	$CH^3OC^6H^4-CH=CH-CO-C^6H^5$	Phénylanisylglyoxal..	$CH^3OC^6H^4-CH^2-CO-CO-C^6H^5$	65

3° Nous avons profité des facilités qui nous étaient ainsi données d'étudier cette catégorie de corps pour noter quelques observations.

Le méthylbenzylglyoxal et le phénylanisylglyoxal possèdent des propriétés analogues à celles du phénylbenzylglyoxal [1]. Nous avons préparé à volonté chacun de ces deux corps sous leurs deux formes isomériques, cétonique liquide et énolique cristallisée, puis réalisé le passage réciproque de l'une à l'autre par l'intermédiaire de différents sels métalliques. Nous signalerons en outre, dès à présent, que l'énolisation des dicétones α, même en l'absence de groupements électronégatifs tels que des noyaux phényliques, semble plus générale qu'on ne paraît l'avoir jusqu'ici constaté. Ce point retient particulièrement notre attention.

---

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1946.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure de phénylmagnésium sur les acétonitriles trisubstitués.* Note (1) de Mme **Ramart-Lucas** et M. **F. Salmon-Legagneur**, présentée par M. G. Urbain.

Au cours des recherches que poursuit l'un de nous sur les transpositions moléculaires, il nous était nécessaire d'avoir à notre disposition des cétones de constitution :

$$\begin{matrix}Ar\\Ar'\\R\end{matrix}\!\!>C-CO\,C^6H^5,\quad \begin{matrix}Ar\\R\\R'\end{matrix}\!\!>C-CO\,C^6H^5,\quad \begin{matrix}R\\R'\\R''\end{matrix}\!\!>C-CO-C^6H^5.$$

I. II. III.

Il n'existait aucune méthode générale permettant de préparer les cétones du type I et II. Les essais faits par l'un de nous (2) pour alcoyler la triphényléthanone et obtenir ainsi des cétones de formule I, avaient complètement échoué. Seules les cétones III pouvaient être obtenues par alcoylation des alcoylacétophénones au moyen de l'amidure de sodium (3).

Ces composés étant destinés à nous servir de matières premières, il fallait les obtenir avec de bons rendements.

Nons avons fait agir, à cette fin, le bromure de phénylmagnésium sur des diphénylalcoyl, phényldialcoyl, trialcoylacétonitriles. Dans la présente Note nous exposerons les résultats obtenus.

L'action du réactif de Grignard sur les nitriles a fait l'objet de nombreux travaux, en particulier de MM. Blaise (4), Moureu et Mignonac (5), Bruylants (6), Baerts (7), Turner (8), Ectors (9), Jaspars (10), Bary (11), etc.

Cependant, à notre connaissance, aucun essai n'a été effectué sur les acé-

(1) Séance du 27 décembre 1927.

(2) Mme Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1617.

(3) MM. Haller et Bauer, *Ann. Chim.*, 8e série, **28**, 1913, p. 373.

(4) Blaise, *Comptes rendus*, **132**, 1901, p. 40, et **133**, 1901, p. 1217.

(5) Moureu et Mignonac, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 1801.

(6) Bruylants, *Bull. Acad. roy. belge*, **7**, 1921, p. 252; **8**, 1922, p. 7; *Bull. Soc. chim. belg.*, **31**, 1922, p. 175 et 225; **33**, 1924, p. 467.

(7) Baerts, *Bull. Soc. Chim. belge*, **31**, 1922, p. 231.

(8) Turner, *Chem. Soc.*, **107**, 1915, p. 1459.

(9) Ectors, *Bull. Soc. Chim. belge*, **33**, 1924, p. 146 et 521.

(10) Jaspars, *Bull. Soc. Chim. belge*, **34**, 1925, p. 182.

(11) Bary, *Bull. Soc. Chim. belge*, **34**, 1925, p. 888.

tonitriles trisubstitués. La réaction s'est faite normalement suivant le schéma

$$R^3 \equiv C.CN + C^6H^5MgBr \rightarrow R^3 \equiv C.COC^6H^5$$

[R = radicaux gras ou aromatiques].

Dans la plupart des cas nous avons pu isoler le sel de cétimine. Ces derniers complexes sont de stabilité très inégale : faible pour la triméthylacétophénimine, la stabilité augmente avec l'introduction de radicaux arylés et le bromhydrate de l'isopropyldiphénylacétophénimine, par exemple, s'hydrolyse très difficilement. Ils ont été isolés soit en suivant la technique indiquée par MM. Moureu et Mignonac (*loc. cit.*) lorsqu'ils sont peu stables, soit en traitant avec précaution le complexe magnésien par H^2O et HBr.

Les rendements en cétone varient également suivant le nitrile : sensiblement quantitatif avec le triméthylacétonitrile, il varie de 50 à 70 pour 100 avec les phényldialcoylacétonitriles et devient médiocre pour les diphénylalcoylacétonitriles. Dans tous les cas, le nitrile n'ayant pas réagi est régénéré sans altération. La condensation du magnésien avec les nitriles a été faite suivant le cas au sein du benzène, du toluène ou xylène.

Action du bromure du phényl magnésium sur :

1° *Le triméthylacétonitrile* $(CH^3)^3CCN$. — La condensation a été faite au sein du benzène. La combinaison magnésienne forme un dépôt cristallin qui, traité à 0° par NH^4Cl, donne naissance à une cétimine que l'on peut isoler par la méthode de MM. Moureu et Mignonac. Au contact de l'eau le dérivé cétiminé est transformé immédiatement en triméthylacétophénone [1] (caractérisée par son oxime fondant à 167°).

2° *Le méthyléthylphénylacétonitrile* $\begin{matrix} CH_3 \searrow \\ CH^3CH^2 - C.CN \\ C^6H^5 \nearrow \end{matrix}$. — La réaction a été faite au sein du toluène. La méthyléthylphénylacétophénone, obtenue avec d'excellents rendements, bout à 187-189° sous 16^{mm}.

3° *Le diéthylphénylacétonitrile* $\begin{matrix} (CH^3 - CH^2)^2 \searrow \\ C^6H^5 \nearrow \end{matrix} C.CN$. — La condensation s'est faite au sein du toluène. La combinaison magnésienne, décomposée avec précaution par H^2O, en présence de HBr, donne un bromhydrate de cétimine qui fond en se décomposant à 208-210°. Par hydrolyse en milieu chlorhydrique, cette cétimine donne la diéthylphénylacétophénone : P. F. 48-49°, P. E. 218° sous 35^{mm}.

Le bromhydrate de cétimine traité par $NH^2OH.HCl$ donne immédiatement une oxime fondant à 187-188°.

---

[1] Déjà préparée par une méthode différente (Haller et Bauer, *loc. cit.*).

4° *L'éthylphénylbenzylacétonitrile* $\begin{matrix} CH^3CH^2 \\ C^6H^5CH^2 \\ C^6H^5 \end{matrix}\Big\rangle C - CN$. — Le toluène a été employé comme solvant. Le complexe magnésien a donné, par action ménagée de H^2O et HBr, un bromhydrate de cétimine fondant en se décomposant à 227° et qui, hydrolysé par HCl, conduit à l'éthylbenzylphénylacétophénone fondant à 112-113°. Le sel de cétimine, traité par le chlorhydrate d'hydroxylamine, donne une oxime fondant à 201-202°.

5° *L'isopropyldiphénylacétonitrile* $\begin{matrix} (C^6H^5)^2 \\ (CH^3)^2CH \end{matrix}\Big\rangle C - CN$. — Nous avons employé le xylène comme solvant. La réaction est plus laborieuse que dans les cas précédents. Le bromhydrate de cétimine obtenu s'hydrolyse très difficilement pour donner la diphénylisopropylacétophénone fondant à 98°.

En résumé, nous montrons que l'action de C^6H^5MgBr sur les acétonitriles trisubstitués conduit à des acétophénones trisubstituées. En dehors de la triméthylacétophénone, aucune des cétones que nous avons ainsi préparées n'avait été signalée.

MINÉRALOGIE. — *Sur quelques minéraux de la Côte-d'Ivoire.* Note de M. **Edgar Aubert de la Rüe**, présentée par M. Pierre Termier.

Chargé en 1925 et 1926 d'une mission géologique en Côte-d'Ivoire par le gouvernement général de l'Afrique occidentale française, j'ai pu découvrir dans cette colonie un certain nombre de minéraux qui n'y avaient pas encore été signalés.

Parmi les silicates il est intéressant de noter la présence du béryl en petits cristaux verts ou bleuâtres, ne dépassant pas un centimètre de longueur, dans les pegmatites de Gonaté et d'Issia (Haut-Sassandra), de Béoumi (Baoulé) et dans celles recoupant les gneiss des falaises du littoral entre Popoko et Monogaga (Bas-Cavally).

Le sphène existe en petits cristaux brun cannelle, aplatis en forme de toit, dans le granite monzonitique à amphibole de Toumodi (N'Zi-Comoé) et dans celui de Bondoukou.

La staurotide est un minéral très répandu. Les cristaux, généralement très bien formés, sont simples ou maclés et rappellent beaucoup ceux de Bretagne. Il en existe un gisement non loin de la Volta Noire, dans les schistes tachetés affleurant sur la rive gauche de la rivière Yembé (Cercle de Bouna). A Bekora (Haut-Sassandra), la quantité de cristaux de stauro-

tide épars sur la surface du sol et résultant de la désagrégation des schistes cristallins est considérable. A Tiboto (Bas-Cavally) et le long des falaises entre Victory et Niemlélaye (Bas-Salandra) les gneiss sont très riches en staurotide et contiennent en outre quelques grenats almandins.

Les veines de microcline traversant les gneiss de Bliéron (Bas-Cavally) sont très riches en inclusions d'oligiste qui leur donnent un aspect chatoyant les faisant ressembler à de l'aventurine.

J'ai rencontré la calcédoine en blocs roulés, gris, fortement translucides, dans le lit d'un petit affluent de la rive droite de la rivière Yembé, non loin de la piste de Bandoli à Kinnta (Cercle de Bouna).

Parmi les minéraux nouveaux de la Côte-d'Ivoire figurent plusieurs minerais métalliques. J'ai en effet recueilli des fragments de fer oligiste entre Nackpalilié et Lakota (Grand-Lahou) et de la pyrrhotine accompagnant des mouches de chalcopyrite dans une amphibolite affleurant non loin de la route de Guiglo à Duékué, à 9^{km} au nord-est de Guiglo (Moyen-Cavally).

La malachite s'observe sur les affleurements de quelques filons de quartz minéralisés en chalcopyrite, dans les montagnes de N'Zaakro et de Kankro au nord de Toumodi (N'Zi-Comoé).

L'ilménite forme des dépôts importants le long du littoral du Golfe de Guinée. Les principaux dépôts s'observent près de Bliéron, entre Néro et la lagune Petit Digboué, entre San-Pedro et Petit Pedro dans le Bas-Cavally, ainsi qu'entre Victory et Monogaga dans le Bas-Sassandra.

La cassitérite existe en faible quantité dans la plupart de ces sables titanifères.

L'analyse suivante d'un échantillon de sable prélevé sur la plage, près de Bliéron, donne une idée de la composition de ces dépôts :

	Pour 100.
SnO^2	2,2
SiO^2	2,2
ZrO^2	7,4
TiO^2	37,1
Fe^2O^3	23,5
Mn^3O^4	1,5
Fe^3O^4	26,3

Entre Blidouba et Olodio (Bas-Cavally) j'ai trouvé, dans les schistes cristallins, quelques fragments de rutile.

En janvier 1926, M. le Gouverneur de la Côte-d'Ivoire me pria d'étudier

spécialement la partie orientale de la Colonie afin de rechercher le manganèse, métal exploité avec succès en Côte-d'Or. C'est ainsi que j'ai été conduit à découvrir non loin de la frontière, dans la région de Bondoukou, trois gisements de manganèse.

Le gisement qui m'a paru le plus intéressant est visible, à mi-chemin, entre Nasan et Niango, sur la rive droite de la rivière Djéré, affluent de la Bahia. Le minerai, en relation avec un quartzite, est du psilomélane ayant la composition suivante :

	Pour 100.
H^2O	2,1
BaO	4,1
Mn^3O^4	1,6
MnO^2	77,6
Fe^2O^3	3,2
Perte au feu	12,1

Les autres gisements se trouvent au nord-est de Bondoukou. L'un d'eux affleure 500^m à l'ouest de Motiambo (Diamodougou); l'autre est situé à mi-chemin entre Brouponko et Sorrhobango.

J'ai constaté en outre l'existence d'oxydes de manganèse à Noubaki, près de Grabo (Bas-Cavally) et à Nackpalilié (Grand-Lahou).

La présence de l'uranite est intéressante à signaler dans les pegmatites de Gonaté, près de Daloa (Haut-Sassandra). Elle se présente en petites paillettes quadratiques plaquées sur les éléments de la roche.

Il me reste pour terminer à signaler l'existence de la glauconie dans les grès bitumineux des falaises situées sur la rive nord de la lagune Tendo, entre Ebocco et Adima (Cercle d'Assinie) et celle de nombreux cristaux de gypse, fortement corrodés et riches en inclusions de bitume, dans les marnes bitumineuses accompagnant les grès glauconieux.

Parmi les espèces minérales nouvelles de la Côte-d'Ivoire, que je viens de décrire, le psilomélane, des gisements des environs de Bondoukou et l'ilménite des dépôts du littoral me semblent les plus intéressants au point de vue économique.

GÉOLOGIE. — *Sur le rôle de l'éperon triasique alpin de la Vésubie moyenne dans les récents éboulements de Roquebillière, Belvédère et Lantosque.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. Pierre Termier.

Des pluies d'une abondance absolument anormale se sont produites dans les Alpes-Maritimes en octobre et novembre derniers, ayant fourni dans

une courte période de six semaines le double de la moyenne annuelle des localités correspondantes. Il en est résulté, sur de nombreux points de la partie montagneuse et en des terrains géologiques variés, des éboulements souvent considérables, particulièrement accentués toutefois dans les formations triasiques supérieures. Leur maximum d'intensité et de fréquence s'est d'ailleurs produit sur la Vésubie moyenne, entre Roquebillière vers l'amont et le Figaret à l'aval, en une région dont j'ai déjà indiqué ici (¹), d'une façon sommaire, la situation tectonique très particulière par rapport aux grandes lignes de la structure fort compliquée des Alpes-Maritimes.

Au cours d'une étude faite sur les lieux par une Commission dont j'ai eu l'honneur de diriger les travaux, il a été fait des constatations jetant une pleine lumière sur les causes de ces éboulements et particulièrement de celui de Roquebillière-Belvédère, d'une exceptionnelle gravité en raison des nombreuses pertes de vies humaines qu'il a entraînées et de la situation critique de ces deux importants villages.

Ces divers accidents se montrent en relation très étroite avec la constitution du sous-sol et la géologie de la région. Ils se sont produits dans le Trias supérieur, formé de masses épaisses de gypse avec argiles et cargneules jaunes, tantôt assez consistantes bien que de texture spongieuse, tantôt très friables. Cet ensemble de roches, en moyenne extrêmement tendres, est pratiquement peu perméable aux eaux d'infiltration; mais il présente, d'autre part, une propriété particulièrement importante dans le cas en question, qui est la solubilité du gypse. Elle se produit en profondeur sous l'action de l'eau qui s'infiltre dans la masse triasique, soit par des fissures, soit par l'abus d'une irrigation plus importante qu'il serait nécessaire. Dans le cas en question, cette pratique, poursuivie déjà depuis longtemps, avait été la cause de la naissance et d'un important développement, à l'intérieur des masses gypseuses, de grandes cavités souterraines susceptibles de s'effondrer et d'emmagasiner de grosses quantités d'eau au cours des pluies véritablement catastrophiques qui ont précédé les affaissements produits au-dessous du village de Belvédère. La rupture des parois de ces grandes poches remplies d'eau a, d'autre part, donné naissance à une grosse *coulée boueuse* qui, dévalant la pente très rapide dominant Roquebillière, est venue submerger et détruire l'extrémité sud de cet important village.

Mais, à ces deux causes principales et évidentes, il s'en est superposé une autre qui a déterminé les phénomènes de glissements et

(¹) Du rôle des avant-plis provençaux dans la tectonique des Alpes-Maritimes (*Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1336-1338).

d'affaissements depuis Belvédère jusqu'au Figaret, en passant par Lantosque, et cette cause est manifestement liée à la tectonique de la bande triasique étroite ainsi jalonnée, que j'ai antérieurement désignée sous le nom d'*éperon triasique alpin de la Vésubie moyenne*. Ainsi que je l'ai indiqué précédemment (*loc. cit.*), il s'est produit dans cette région un très important accident d'âge alpin venant couper transversalement, avec une direction presque N-S, un faisceau de plis pyrénéo-provençaux dirigés sensiblement de l'Ouest à l'Est et déversés vers le Nord, c'est-à-dire vers le massif cristallin de la haute Vésubie et de la Gordolasque, voire même légèrement imbriqués dans cette direction. Vers le Nord, au voisinage immédiat du massif ancien, cet accident relativement récent se traduit d'abord par une surélévation générale des axes des plis pyrénéens qui fait largement affleurer, sur la rive gauche de la Vésubie, auprès de Roquebillière, le Trias supérieur par confluence des axes triasiques de plusieurs de ces plis. Dans l'axe de l'un des anticlinaux apparaît, au pont de Roquebillière, une voûte de calcaire triasique traversant la vallée avec une direction Ouest-Est, nettement provençale. Mais, sur son prolongement même, au village de Belvédère, commence à se montrer un régime tectonique tout à fait différent. La partie sud de ce village (qui doit à cette circonstance d'échapper aux affaissements qui intéressent sa partie nord) est supportée par une voûte très étroite de calcaire triasique ayant cette fois une direction sensiblement méridienne et un renversement très marqué de son flanc occidental vers l'Ouest. Ce pli, qui s'ennoie brusquement au Nord, est donc sensiblement orthogonal à celui du plissement provençal qui est jalonné par la voûte de Roquebillière, dont il vient brutalement interrompre la continuité. C'est là le fait du *plissement alpin*, nettement postérieur au développement des plis provençaux.

A partir de Belvédère, en se dirigeant au Sud par Lantosque, comme je l'ai exposé dans la Note précitée, les efforts alpins se sont traduits, au travers du plissement provençal, par un régime de cassures, ayant fait saillir en une longue hernie linéaire le Trias supérieur de l'éperon de la Vésubie moyenne entre deux contacts anormaux qui le séparent, sur ses deux bords, de terrains bien plus récents (Nummulitique à l'Ouest, Crétacé supérieur à l'Est) sur lesquels le Trias chevauche légèrement, jusqu'à ce qu'il vienne de nouveau, au Suquet, confluer avec l'axe triasique d'un nouvel anticlinal provençal un peu dévié.

Or il est frappant que cet éperon triasique, ainsi comprimé par les deux lèvres formées de terrains plus récents qui l'encadrent et entre lesquelles il a jailli, *a été la région particulièrement éprouvée par les accidents récents*. Il

faut remarquer que sa production résulte de la dernière phase tectonique qui ait intéressé la région et il est possible que l'équilibre de cette hernie triasique n'ait pas été encore entièrement atteint. Il est vraisemblable que les petits mouvements sismiques qui s'y manifestent de temps à autre (et dont l'enquête faite par la Commission semble bien avoir établi avec certitude la corrélation avec les désastres récents de la Vésubie moyenne) peuvent être considérés comme *de petits mouvements tectoniques tardifs*.

HYDROLOGIE. — *L'extrême labilité de certaines eaux minérales.* Note (¹) de MM. **W. Kopaczewski** et **A. de Moraes Sarmento**, transmise par M. d'Arsonval.

Nous avons eu l'occasion d'étudier une eau minérale extrêmement labile : celle de la source n° 1 de Vidago (Portugal). C'est une eau mésosaline, bicarbonatée sodique, calcique, légèrement ferrugineuse, froide. Voici ses caractéristiques chimiques (²) et physiques (³) :

Caractères chimiques principaux :

	Par litre.
CO^2 total	5,28
CO^2 libre	1,58
Bicarbonate de Na	5,33
» de Ca	1,13
» de Mg	0,32
» de Fe	0,016
Chlorure de K	0,17
Minéralisation totale	7,20

Caractères physico-chimiques :

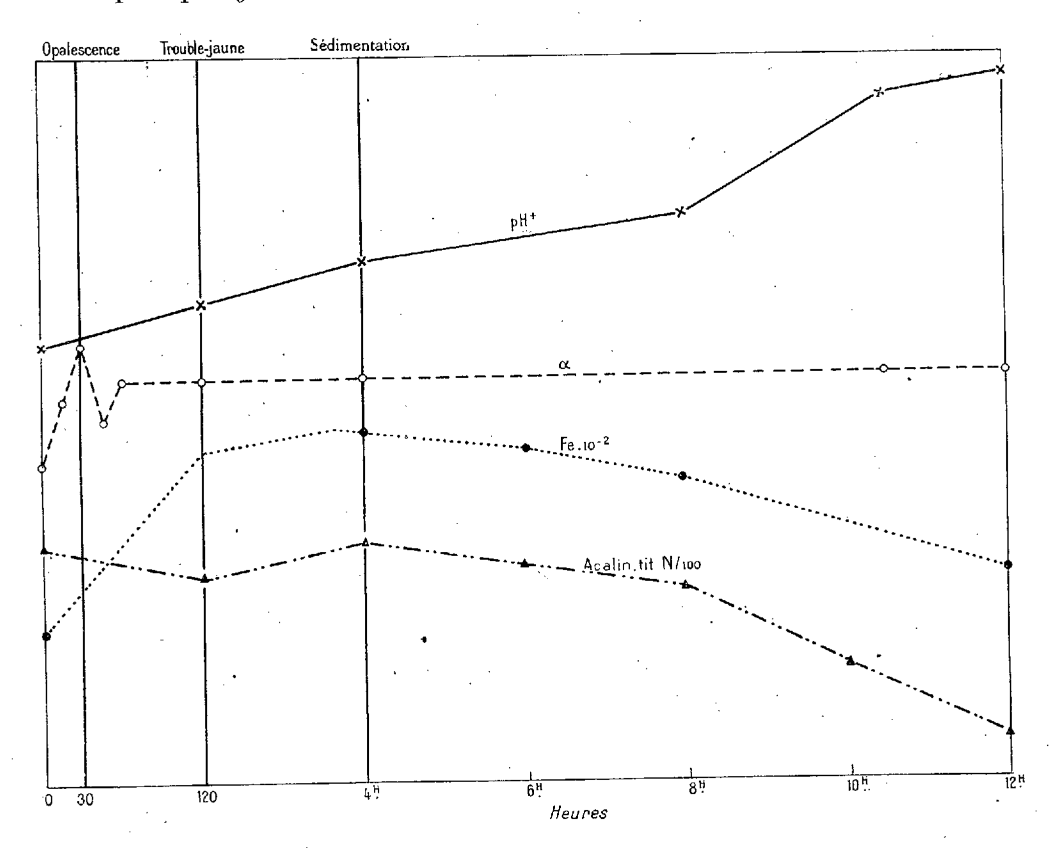
Température à l'émergence	16°,5 C.
Densité à 25° C.	1,0051
Indice réfractométrique à 17° C.	1,33416
Abaissement du point de congélation	0,330
Tension superficielle à 25° C.	72,17
Conductibilité électrique à 25° C.	$48,0.10^{-4}$
Acidité réelle	5,1
Alcalinité titrimétrique (orangé)	8,85 $\frac{N}{100}$
Présence des colloïdes positifs.	

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

(²) Ces données sont tirées des analyses déjà anciennes.

(³) Ces données ont été obtenues par nos mesures personnelles.

La labilité de cette eau minérale était telle que l'embouteillage fait à l'abri de l'air, dans une atmosphère d'azote, l'emploi des vases paraffinés, la conservation dans une chambre froide à la température de 16° C. et à l'obscurité n'empêchent pas l'eau de se troubler au bout de 15 minutes; ce trouble devient peu à peu jaunâtre et, au bout de 2 heures, l'eau est jaune laiteuse, puis, après 6 heures, elle commence à se séparer en deux phases et un précipité jaune sédimente au fond du récipient.



Nous avons voulu suivre la marche de cette labilisation de l'eau minérale par des méthodes physico-chimiques. Une série des vases a été remplie de l'eau minérale et, dans des intervalles déterminés, ces échantillons ont été examinés au point de vue de leur degré d'ionisation totale, de la concentration en ions d'hydrogène, de leur alcalinité titrimétrique et de leur teneur en fer.

Les résultats obtenus sont représentés par les courbes (voir la figure).

On voit que le début de la labilisation apparente de l'eau minérale se

traduit par des troubles de sa ionisation totale, ainsi que cela résulte de la mesure de la conductibilité électrique des échantillons examinés. La conductibilité électrique subit tout d'abord une augmentation nette. Cette augmentation ne s'applique pas à la modification de la concentration en ions d'hydrogène, car la courbe démontre une diminution constante, progressive et régulière de ces ions; par contre, avec l'augmentation de l'ionisation totale de l'eau minérale abandonnée à l'air libre, va de pair l'apparition dans cette eau de fer ionisé. A ce point de vue il est très important de constater que, dans l'eau minérale étudiée, le fer n'est pas décelable par les moyens chimiques habituels, si cette recherche est pratiquée sur l'eau immédiatement après l'émergence (1); mais ces réactifs permettent de constater la présence du fer dans l'eau minérale abandonnée à l'air libre pendant 2 heures, ou bien dans une eau minérale, préalablement bouillie et filtrée. Étant donné que la méthode employée dans ces dosages nécessite l'oxydation préalable par l'acide azotique concentré à la dose de $0^{cm^3},10$ pour 10^{cm^3} d'eau, on arrive à une constatation, importante à plusieurs points de vue : *le fer forme dans l'eau minérale étudiée un complexe fortement résistant à l'action d'acide.*

En résumé, *l'allure physico-chimique de vieillissement de l'eau minérale étudiée* semble démontrer que ce vieillissement est provoqué par les troubles d'ionisation, coïncidant avec l'apparition de certains éléments à l'état ionisé, lesquels s'y trouvent préalablement sous forme des complexes; puis, sous l'influence de facteurs externes (oxygène, dégagement de CO^2, action de la lumière, modification de la température, et, peut-être aussi, les phénomènes de contact), ces éléments précipitent ou entrent en réactions mutuelles.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Trois générations de* Beta vulgaris *L. dans l'espace d'une année*. Note (2) de M. **O. Munerati**, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons déjà prouvé qu'un intense éclairage nocturne complétant la lumière du jour pousse les types cultivés de *Beta vulgaris* à monter à

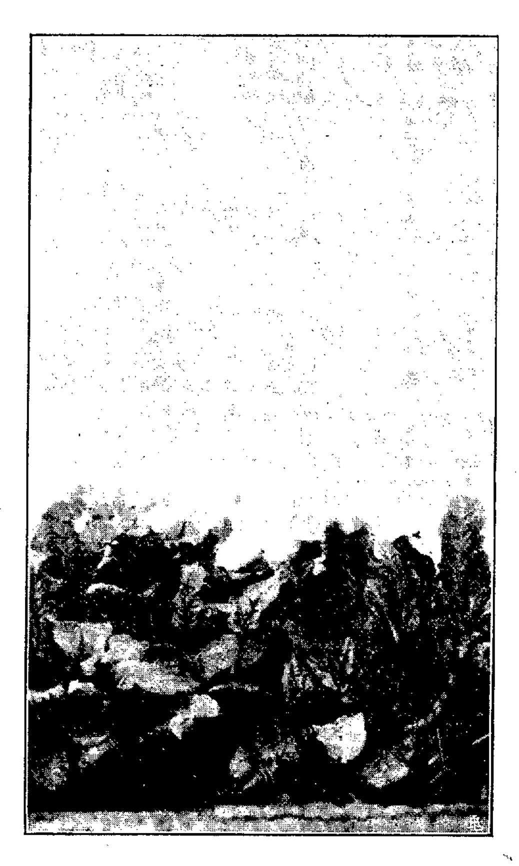
(1) La méthode de dosage employée était la méthode colorimétrique, au sulfocyanate d'ammonium, selon la technique de Lapicque.

(2) Séance du 4 janvier 1926.

graine plus ou moins brusquement. Une autre question se posait : N'est-il pas possible d'avoir dans la même année plusieurs générations d'un type ayant son équilibre déjà déplacé vers l'annualité?

Le 25 janvier 1926, on a semé dans une serre des glomérules d'un type annuel. Après 40 jours, la plus grande partie des individus étaient en pleine floraison, et 70 jours après le semis, on a pu faire une récolte de glomérules parfaitement mûrs.





Ces glomérules ont été semés ensuite dans la même serre et l'on a pu recueillir des graines de la deuxième génération.

L'essai suivant n'a pas donné de résultats, car les plantules venues en plein été ont souffert de la grande chaleur. Cependant, comme nous avions gardé une partie des glomérules, l'essai a été refait, et les graines semées le 4 septembre ont donné des plantes en pleine floraison le 10 octobre. Le 15 novembre on a fait une récolte de glomérules parfaitement mûrs.

Les photographies que nous présentons reproduisent : à gauche une partie de la serre avec la culture du troisième semis où les plantes étaient soumises à l'éclairage nocturne, tandis qu'à droite on voit un autre côté de la même serre où les plantes végétaient dans les mêmes conditions mais sans l'éclairage complémentaire. Les deux photographies ont été prises le même jour (30 octobre).

Dans la culture faite sans éclairage nocturne, pas une seule plante n'a monté à graine, contrairement à ce qu'on aurait pu supposer d'après l'analogie de cet essai avec de précédents où nous avions vu que, lorsqu'un type a son équilibre nettement déplacé vers l'annualité, sa tendance à monter à graine se manifeste, au moins chez un certain nombre d'individus, même dans une culture effectuée sans l'aide de l'éclairage nocturne.

Ainsi se révèle sous des aspects divers la plasticité de cette plante, peut-être la seule (au moins parmi les plantes cultivées) pouvant se comporter soit comme capable de se conserver à l'état végétatif pendant deux ou plusieurs années, soit comme capable de se reproduire en plusieurs générations (trois bien contrôlées) dans l'espace d'une année.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur différentes modalités vicariantes chez les animaux splénectomisés.* Note de MM. **Abelous** et **Argaud**, présentée par M. Henneguy.

On admet actuellement que, sans être précisément identiques, nombre d'organes lymphoïdes doivent être envisagés — malgré une légère différenciation structurale — comme de simples parties du système réticulo-endothélial de Aschoff. Ce sont des portions tissulaires où les éléments plus nombreux et plus tassés qu'ailleurs exigent une vascularisation spéciale au même titre que s'il s'agissait d'organes bien individualisés. Il en est ainsi en particulier de la rate, qui mérite, à notre sens, d'être classée bien plutôt parmi les tissus que parmi les organes proprement dits. Peut-on en effet considérer comme viscère l'amas splénique dont l'ablation, compatible avec la vie, conditionne par vicariance la genèse de formations semblables en des régions quelconques de l'abdomen? Or cette néogenèse, signalée depuis longtemps, est interprétée différemment par certains auteurs et niée même par d'autres. Il est évident *a priori* que de pareilles divergences ne sont pas arbitraires, mais ressortissent à la diversité du matériel d'expérimentation.

Nos recherches effectuées dans le but de discerner la raison d'être de ces opinions qui se heurtent et se combattent, nous ont amenés à cette conclusion que les modalités de la splénovicariance sont fonction du volume de la rate.

Nous avons déjà montré dans une Note précédente [1] que, chez des animaux à grosse rate, par exemple chez des Chiens sacrifiés de 3 à 12 mois après la splénectomie, la vicariance se manifeste, objectivement, sous forme de grosses masses rougeâtres, splénoïdes, atteignant 8^{cm} de longueur sur 4^{cm} de largeur et siégeant au pourtour du petit intestin. Nous avons également montré leur analogie structurale avec la rate.

Chez les animaux à petite rate au contraire, ces néoformations volumineuses sont plus rares, exceptionnelles même, car chez eux la suppléance splénique est normalement essaimée partout où se trouve du tissu de Aschoff.

Par contre les métaplasies pancréatico-spléniques y sont extrêmement démonstratives. On voit, par exemple, apparaître, aussi bien chez le Lapin que chez le Rat splénectomisés, de petites néoformations parapyloriques, rougeâtres, d'aspect glandulaire, grosses comme des pois et de signification anatomique différente : petits ganglions hyperplasiés, glandules hémales et minuscules pancréas accessoires. Ce sont précisément ces infimes nodules pancréatiques qui présentent, groupés dans un même objet, tous les intermédiaires métamorphiques entre les acini pancréatiques et le tissu splénoïde. On peut suivre aisément toutes les phases du phénomène, depuis l'égrènement des cellules acineuses jusqu'à leur transformation, au sein d'un amas splénique, en cellules lymphoïdes, le réticulum périacineux se continuant avec le réseau splénique. Mais, pour si curieuse que soit cette métaplasie, elle n'est, encore une fois, qu'un acte de l'immense suppléance dévolue, chez ces animaux à petite rate, au système de Aschoff tout entier. C'est ainsi que, chez le Lapin splénectomisé depuis plus de deux ans, nous avons remarqué, au point d'abouchement iléo-cæcal, le volume, la turgescence et le relief inaccoutumés du *sacculus rotundus*. En fait l'épaisseur des parois n'était, à l'état vivant, qu'apparemment augmentée par l'extrême congestion vasculaire; mais de larges plages ponctuées de bilirubine révélaient, au sein d'une muqueuse lymphoïde, une activité hématolytique habituellement réservée à la rate. On ne saurait, d'autre part, méconnaître à l'appendice, long de plus de 10^{cm} chez cet animal et presque entièrement

---

[1] Abelous, Argaud et Soula, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 767.

formé de follicules agminés, la valeur d'une énorme glande lymphoïde. On ne saurait davantage refuser à la pensée le droit d'homologuer cette structure appendiculaire à celle de l'intestin tout entier de certains animaux, du genre Myxine par exemple, considérés longtemps comme privés de rate et chez lesquels, en réalité, cette glande est incorporée, sous forme d'un long manchon lymphoïde, dans l'épaisseur des parois intestinales (Mawas). Pour cela encore, il serait impossible de nier le rôle efficient de l'appendice et de le considérer comme un organe régressif.

On comprend donc combien serait superflue, chez de semblables animaux, une néogenèse de volumineux objets spléno-vicariants.

En résumé, les modalités de la spléno-vicariance, d'allure si capricieuse, sont étroitement conditionnées par le volume de la rate à l'état normal.

Chez les animaux à grosse rate, la suppléance, après la splénectomie, est anatomiquement réalisée par la néoformation de volumineux objets lymphospléнoïdes développés, non seulement à l'endroit même de l'ablation, mais encore, un peu partout, dans les replis mésentériques.

Chez les animaux où la rate minuscule ne représente, au contraire, qu'une faible fraction du système de Aschoff, cette suppléance, déjà physiologiquement dispersée dans nombre d'*organes réticulo-endothéliaux*, ne se traduit, après la splénectomie, que par une suractivité histophysiologique de ces organes, avec toutefois certaines métaplasies fort curieuses à considérer, comme, par exemple, celle des petits îlots aberrants pancréatico-spléniques.

HISTOLOGIE. — *Coagulation fibrillaire* in vitro *du collagène dissous dans un acide dilué.* Note (¹) de M. **J. Nageotte**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que le collagène est gonflé et en partie dissous dans les solutions acides très diluées. En étudiant ce phénomène sur les tendons de la queue du rat et en me servant de solution d'acide acétique à 1 pour 25000, j'ai observé qu'au bout de quelques jours la substance dissoute se coagule de nouveau : c'est un *caillot de collagène* qui apparaît, construit comme un caillot de fibrine, mais d'une autre matière.

Il se forme autour du fragment de tendon gonflé, monté en préparation

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

histologique dans l'eau acidulée, un feutrage de fibrilles qui présentent des analogies remarquables avec les fibrilles intactes d'un tendon dissocié à l'état frais; la principale différence consiste en ce que la dimension longitudinale des fibrilles du coagulum, bien que souvent très grande, n'est pas illimitée comme celle des fibrilles du tendon.

Les fibrilles du coagulum ont des extrémités effilées en pointes aiguës; dans le reste de leur étendue elles sont cylindriques et leur diamètre est rigoureusement uniforme. Certaines sont très courtes et peuvent être réduites à leurs cônes terminaux adossés, prenant ainsi une forme en navette, mais la plupart sont extrêmement longues et constituent des feutrages plus ou moins denses, avec ou sans orientation définie. Leurs calibres sont variables; les plus épaisses n'atteignent pas le diamètre des fibrilles du tendon normal et restent au-dessous de 1^{μ}; les plus fines sont à peine visibles. Elles ne se divisent pas et ne s'anastomosent pas entre elles. Il est à remarquer que, dans une même région de la préparation, toutes les fibrilles ont approximativement les mêmes dimensions, mais que ces dimensions varient d'une région à l'autre; ceci indique que les différents aspects observés répondent à un déterminisme délicat et traduisent les légères variations du milieu qui se produisent nécessairement dans une préparation de tissu non fixé, montée entre lame et lamelle.

Voici maintenant les caractères qui sont communs aux fibrilles du coagulum et à celles du tendon dissocié frais.

1° Examinées à l'éclairage ordinaire elles sont parfaitement transparentes, mais à l'ultramicroscope elles s'éclairent uniformément *dans toute leur épaisseur;* ce caractère décèle leur structure colloïdale et les distingue nettement des cristaux en aiguilles, tels que ceux de la tyrosine, qui s'éclairent seulement par leurs bords et prennent l'aspect de baguettes de verre.

2° A l'inverse des cristaux, qui ne se colorent pas, ces fibrilles prennent facilement et intensément tous les colorants électifs des fibrilles collagènes; elles se colorent en rouge par la méthode de Van Gieson (acide picrique, fuchsine acide), en bleu par la méthode de Mallory (fuchsine, acide phosphomolybdique, bleu de méthyle-orange-acide oxalique), enfin en rouge par l'hématoxyline tungstique de Mallory. Leurs réactions tinctoriales sont donc celles que l'on considère comme caractéristiques du collagène.

3° Les fibrilles sont extrêmement sensibles à l'action des acides et des bases dilués, un peu moins toutefois que les fibrilles du tendon. Mais, fait remarquable, l'action de fixateurs appropriés supprime cette sensibilité : c'est ainsi que les fibrilles du coagulum, de même que celles du tendon, ne

sont plus altérées par l'acide acétique concentré après avoir été fixées au formol neutre.

Jusqu'ici le tissu conjonctif lâche, dont les fibrilles diffèrent d'ailleurs notablement de celles du tendon, ne m'a rien donné.

Des constatations énumérées on peut tirer la conclusion que la matière du coagulum formé autour d'un tendon gonflé dans un acide est du collagène précipité, soit sous sa forme chimique primitive, soit sous une forme peu différente. Au point de vue de leur métastructure, les fibrilles sont des édifices colloïdaux de forme extérieure définie qui, par là, pourraient être confondus avec des cristaux, dont ils diffèrent, en fait, par tous leurs caractères.

Les conditions dans lesquelles les produits ont été obtenus montrent que la forme extérieure n'est que très accessoirement influencée par le milieu, et qu'elle résulte essentiellement de propriétés inhérentes à la matière du coagulum : les fibrilles sont plus ou moins minces, leur enchevêtrement varie suivant les préparations et suivant les régions, mais ce sont toujours des filaments cylindriques de calibre uniforme, et il n'apparaît aucun élément figuré qui soit construit sur un autre type. L'analogie avec le caillot de fibrine est évidente.

HISTOLOGIE. — *Les phénomènes de la réparation des fractures étudiés par la méthode des cultures de tissus.* Note de M. **A. Policard**, présentée par M. F. Mesnil.

Chez les petits animaux de laboratoire, le Rat blanc par exemple, la réparation d'un os fracturé expérimentalement s'opère d'une façon rapide en suivant les phases suivantes : cal fibrineux (1er et 2e jour), cal conjonctif (3e au 5e jour), cal mixte formé de territoires juxtaposés cartilagineux, osseux et fibreux (à partir du 6e jour environ); la formation du cartilage est liée à l'impossibilité pratique d'une immobilisation des fragments.

En explantant sur plasma *in vitro*, suivant la technique habituelle, des fragments de ces cals si divers, on peut étudier la nature et les caractères histophysiologiques des cellules qui émigrent hors des fragments et se cultivent dans le milieu.

Six cas de fractures ont été examinés, de 3 jours (3 cas), 6, 7 et 11 jours; plus de 150 fragments ont été en tout ensemencés.

I. *Foyers de fracture de trois jours.* — Dans les premiers jours, le caillot

fibrineux, à peine organisé encore par le tissu conjonctif, est envahi par des leucocytes polynucléaires neutrophiles provenant des capillaires sanguins situés à la limite des tissus contus lors du traumatisme. Dans les explantations, ce sont ces polynucléaires qui émigrent les premiers dans le milieu de culture. Dans des explantations de 24 heures, la quantité de ces polynucléaires est considérable. Ils sont d'une très grande fragilité; ils meurent vite et disparaissent après transformation pycnotique de leurs noyaux (présence de corps tingibles dans le milieu). Des cultures qui avaient été entourées au début d'une couronne de polynucléaires n'en montrent plus après 3 jours.

Nettement après les polynucléaires, émigrent des cellules mononucléaires à mouvements amiboïdes actifs. Ce sont des macrophages ou histiocytes typiques avec leur gros noyau clair, leur chondriome et leur vacuome caractéristiques, leur membrane ondulante si curieuse, etc. Contrairement aux polynucléaires, ces cellules ne dégénèrent pas et persistent dans les cultures tant que celles-ci demeurent vivantes.

En même temps que les macrophages, émigrent quelques fibroblastes, toujours infiniment moins nombreux.

II. *Foyers de fracture de* 6 *ou* 7 *jours*. — Suivant les points du prélèvement, les fragments peuvent être de nature histologique variable, facilement caractérisées par l'examen histologique dans la culture même.

Les fragments formés de tissus fibreux (cal fibreux) ne donnent que très rarement lieu à émigration de cellules, toujours des fibroblastes.

Les fragments formés de tissu cartilagineux ne fournissent habituellement aucune cellule. L'examen du bord des fragments donne l'explication de ce fait, les cellules, du type cartilagineux jeune, sont entourées d'une substance dense qui les bloque et empêche toute émigration. Dans quelques fragments, assez exceptionnellement du reste, on voit certaines de ces cellules qui ont pu se dégager de leur gangue et émigrer alors dans le plasma; ces cellules sont des macrophages typiques. Cette constatation se superpose assez bien à celles des auteurs qui ont étudié les explantations de cartilage et vu que des cellules étaient capables de se dégager en dissolvant la substance cartilagineuse qui les entourait et de devenir des cellules libres du type mésenchymateux.

Les fragments formés d'os jeune néoformé n'ont jamais donné que de très rares fibroblastes.

III. *Foyer de fracture de* 11 *jours*. — Les fragments fibreux ou cartilagineux prélevés dans ce cas n'ont donné lieu à aucune émigration de cellules.

Les cultures *in vitro* permettent ainsi d'étudier les caractères à l'état vivant des cellules qui interviennent dans la constitution du cal. Elles soulignent l'importance de l'histiocyte ou macrophage dans les phénomènes cellulaires qui se passent au cours de la réparation des fractures. Ce sont ces macrophages, émigrés dans le cal débutant, qui se transforment, suivant les points envisagés, en fibroblastes ou en cellules cartilagineuses. Cette dernière transformation apparaît avec une particulière netteté. Le cartilage résulte ici du blocage de macrophages par une substance spéciale d'origine vraisemblablement humorale. Malgré la modification de sa forme extérieure, la cellule cartilagineuse n'en demeure pas moins un macrophage, puisque libérée de son enveloppe chondroïde, elle reprend son type primitif et émigre dans le milieu de culture.

HISTOLOGIE. — *Sur la genèse des myofibrilles et de la structure radiée dans les myoblastes des pattes de* Culex annulatus. Note de M. C. **Hosselet**, présentée par M. F. Mesnil.

La formation des myofibrilles dans les muscles striés pendant la myogenèse a fait l'objet d'hypothèses diverses dans des travaux récents.

Alors que Duesberg (¹) a vu le chondrioconte allongé se transformer en myofibrille, Häggqvist (²) considère que la myofibrille apparaît avant que le chondriome intervienne. Enfin Naville (³) admet aussi la préexistence de la myofibrille, qui servira de guide dans l'orientation du chondrioconte allongé, ce dernier donnant, par sectionnement, les disques sombres de la fibrille à son état définitif.

Mes observations ont porté sur l'histogenèse des muscles des pattes chez *Culex annulatus*. C'est pendant la nymphose, relativement courte, que les bourgeons thoraciques apparus vers la fin de la vie larvaire se développent pour donner les pattes; le développement est assez rapide et permet de trouver dans un même appendice des myoblastes à des stades de différenciation assez variés.

Dans la période prémétamorphique, les myoblastes constituent des amas de cellules devenues polygonales par compression réciproque. Le noyau est

(¹) Duesberg, *Arch. für Zellforsch.*, 4, 1910, p. 647.

(²) Häggqvist, *Ueber die Entwickelung der quergestreiften Myofibrillen beim Frosche* (*Anat. Anz.*, 52, 1920, p. 389).

(³) A. Naville, *Arch. de Biologie*, 32, 1922, p. 58.

régulier, central, contenant souvent un seul nucléole, et ne présente pas de réseau de chromatine; le cytoplasme est homogène et le chondriome est représenté par de nombreux chondriocontes épais, courts, légèrement incurvés, rassemblés autour du noyau.

Dès le début des phénomènes de métamorphose, chaque myoblaste prend une forme allongée dans le sens de la croissance de l'appendice; les noyaux, qui proviennent du noyau primitif par divisions directes, et le chondriome, toujours localisé autour d'eux, occupent l'axe du myoblaste tandis que la partie du cytoplasme dépourvue de chondriome forme comme une écorce d'aspect homogène.

Bientôt, certains chondriocontes s'allongent, deviennent plus grêles, s'orientent dans le sens du grand axe de la cellule et vont se placer dans l'écorce cytoplasmique, comme s'ils subissaient l'action directrice de certaines lignes de force. A ce stade, l'écorce cytoplasmique subit une différenciation en stries parallèles, équidistantes, s'étendant d'un bout à l'autre du myoblaste et incorporant les chondriocontes orientés, précédemment décrits. Cette différenciation semble s'opérer en une seule fois, brusquement, et s'étendre à toute la surface externe de l'écorce cytoplasmique du myoblaste.

On peut alors constater que les myofibrilles ainsi constituées présentent, dans les parties correspondant aux chondriocontes incorporés, une affinité marquée pour les colorants mitochondriaux. Cette affinité localisée ne tarde pas à disparaître et la myofibrille devient entièrement homogène. Elle ne se distingue plus du fond cytoplasmique que par une réfringence plus grande et aussi par une faible coloration par les colorants mitochondriaux. L'acide osmique se réduit faiblement à son niveau. Ce stade homogène est d'ailleurs très fugitif et l'on ne tarde pas à observer, sur des coupes longitudinales, après fixation et imprégnation osmiquées suivies de coloration par la méthode d'Altmann, le début de la formation des disques sombres. Sans traiter ici de leur origine, je signalerai que ceux-ci tranchent de façon très nette par une légère réduction de l'acide osmique, alors qu'on aperçoit, dans un plan sous-jacent, les chondriocontes non encore utilisés, épais, allongés dans le sens de l'axe, intensément colorés par la fuchsine acide. La longueur de ces chondriocontes, leur disposition, ne correspondent en aucune façon à la striation transversale déjà amorcée.

Les observations précédentes montrent que, chez *Culex annulatus*, l'apparition de la myofibrille ne s'effectue pas en passant par le stade chondrioconte : on n'observe jamais de chondriocontes s'allongeant suffisamment

pour atteindre la longueur de la future fibrille; on ne les voit pas davantage se placer bout à bout, mais seulement parallèlement les uns aux autres. Le processus est donc ici différent de celui observé par Duesberg chez l'embryon de Poulet. Il semble se rapprocher de celui observé par Häggqvist et surtout de celui signalé par Naville, en ce sens que la myofibrille paraît préexister, mais il en diffère en ce que le chondrioconte, s'il apporte bien une substance utilisée dans la constitution de la fibrille définitive, ne donne cependant pas les disques sombres par simple fragmentation comme l'a observé Naville dans la régénération des muscles de la queue chez les larves d'Anoures. Le stade homogène de la fibrille fait suite à l'incorporation du chondrioconte, il ne la précède pas.

Sur les coupes transversales de myoblastes, on peut se rendre compte que la différenciation du cytoplasme en myofibrilles débute par la périphérie. D'autres coupes montrent cette différenciation s'étendant rapidement, sans cependant l'atteindre, vers l'axe du myoblaste, où se trouvent les noyaux en file et une réserve de chondriocontes dont quelques-uns se sont allongés et orientés.

La progression centripète de cette différenciation semble se faire par appositions successives de nouvelles fibrilles venant s'adjoindre par le côté interne à celles déjà existantes, en restant dans un plan passant par l'axe de la fibre, d'où la structure radiée. Après différenciation complète, l'axe ne contient plus que les noyaux avec une quantité très réduite de chondriocontes.

En résumé, chez *Culex annulatus* :

a. La myofibrille ne passe pas par le stade chondrioconte.

b. Le chondrioconte s'incorpore à la myofibrille qui passe ensuite par un stade homogène, d'ailleurs fugitif.

c. La différenciation en myofibrilles s'effectue en une seule fois, sur toute la périphérie du myoblaste et progresse ensuite vers l'axe, pendant que le chondriome diminue ou même disparaît.

BIOMÉTRIQUE. — *Théorie de la similitude biologique*. Note de MM. **René Lambert** et **Georges Teissier**, présentée par M. Hadamard.

1. Si l'on considère une série d'animaux de forme analogue et de taille différente on peut se demander suivant quelle loi varient les grandeurs mécaniques ou physiques, durée, force, travail, chaleur, etc. mises en jeu dans leur activité physiologique.

Nous avons tenté de donner une solution générale de cette question à laquelle se rattachent certains résultats établis depuis longtemps : limitation de la taille des animaux par la pesanteur (Galilée); proportionnalité de la force d'un muscle à sa section (Borelli), loi des surfaces (Ch. Richet, Rubner).

2. Soient pour deux animaux géométriquement semblables λ le rapport des longueurs homologues, τ le rapport des durées de deux phénomènes physiologiques homologues (intervalle des battements du cœur, des mouvements respiratoires, durée de la secousse d'un muscle déterminé). Nous avons été conduits à admettre que λ et τ sont égaux. Autrement dit, pour une série d'animaux semblables, nous admettons que les temps physiologiques sont à l'échelle des dimensions mêmes de l'être envisagé, l'espace et le temps étant ainsi, comme en Physique, les deux aspects d'une même entité. La vérification de cette hypothèse peut se faire en comparant les durées aux racines cubiques des poids. Les résultats sont satisfaisants dans la série des Mammifères, pour les animaux appartenant à un même ordre.

Signalons aussi que l'hypothèse $\lambda = \tau$ permet d'interpréter, en sens sinon en grandeur, le fait qu'en général un petit Mammifère a une durée de gestation, de croissance et de vie totale moins longue qu'un animal plus volumineux appartenant au même ordre.

3. Les rapports λ et τ des longueurs et des temps et le rapport μ des masses étant fixes pour tous les couples d'éléments homologues, la relation de Newton $\varphi = \mu\lambda\tau^{-2} = \lambda^2$ montre que les forces sont entre elles comme les carrés des longueurs homologues; les forces musculaires sont donc entre elles comme les sections des muscles homologues; c'est la relation établie d'autre façon par Borelli, et vérifiée par l'expérience. Les travaux homologues sont dans le rapport λ^3, c'est-à-dire dans le rapport des poids. Il en résulte que deux animaux semblablement disposés pour le saut sautent à la même hauteur absolue comme l'a montré Borelli. Plus généralement, le rapport de deux grandeurs mécaniques homologues quelconques de A et B se déduit de leur équation de similitude, identique à l'équation de dimension et se ramène à λ^n.

4. Nous n'avons envisagé jusqu'à présent que des phénomènes purement mécaniques. Or l'énergie mise en jeu dans le fonctionnement de l'animal est non seulement sous forme mécanique, mais aussi sous forme calorifique, chimique, etc. Nous admettons que pour A et B les phénomènes homologues ont même rendement énergétique, hypothèse en bon accord avec les travaux récents relatifs à l'énergétique musculaire. Le rapport des quantités

d'énergie homologues de A et B est donc égal au rapport des énergies mécaniques homologues, c'est-à-dire à λ^3; les énergies mises en jeu par unité de temps sont dans le rapport λ^2.

Ce résultat, appliqué au métabolisme de base exprime la loi des surfaces. On sait que celle-ci s'applique dans le cas de l'animal au repos et à la neutralité thermique. Elle cesse d'être vraie dans le cas où l'animal lutte contre un refroidissement ou un réchauffement extérieur : or la loi du rayonnement de Newton, par laquelle on avait cherché à démontrer la loi des surfaces, tombe en défaut à la neutralité thermique. Notre théorie au contraire, s'appliquant précisément en l'absence d'une action extérieure, en donne une démonstration satisfaisante.

L'intensité respiratoire, quantité de CO^2 produite par unité de temps, le débit de l'oxygène dans les poumons ou les tissus, étant mesurés par le rapport $\mu\tau^{-1}=\lambda^2$ doivent être proportionnels au métabolisme de base. C'est bien ce que vérifie l'expérience, si toutefois, conformément à notre deuxième hypothèse, les organismes comparés ont même quotient respiratoire.

5. Les considérations qui précèdent montrent que la similitude morphologique de deux animaux voisins est complétée par une similitude mécanique définie par $\lambda=\tau$, $\mu=\lambda^3$; si l'on joint à ces conditions l'hypothèse de l'égalité de rendement des transformations énergétiques homologues, on définit ce qu'on peut appeler une *similitude biologique*. Cette similitude implique un certain nombre de lois physiologiques, qui apparaissent ainsi comme les conséquences nécessaires des lois biométriques très générales qui unissent la composition et les dimensions d'un être au rythme même de sa vie.

BIOLOGIE. — *A propos d'un cas de macrophthalmie chez une Anguille.* Note [1] de MM. **L. Mercier** et **Raymond Poisson**, présentée par M. L. Joubin.

En 1831, Jacques-Eudes Deslongchamps [2] décrivait une Anguille phénomène capturée dans les conditions suivantes : des détenus de la prison

[1] Séance du 4 janvier 1927.

[2] J. Eudes-Deslongchamps, *Sur une Anguille retirée d'un puits au mois de juillet* 1831 (*Mém. Soc. Lin. Normandie*, 5, 1829-1833, publ. en 1835, p. 47, pl. IV, *fig.* 4, 5 et 6).

de Beaulieu (près de Caen), employés à puiser de l'eau dans un puits, amenèrent cette Anguille dans un de leurs seaux. Ce puits, d'une construction très ancienne, a une profondeur de cent pieds environ et ne tarit jamais. Il est compris dans l'enceinte de la prison, entouré de murailles et recouvert d'un toit. Nulle communication avec l'extérieur n'est possible. L'Anguille en question, conservée dans nos collections, mesure environ 25^{cm} de long; elle présente un certain nombre d'anomalies dont la plus importante est un curieux cas de macrophthalmie [1]. A ce sujet Deslongchamps s'est exprimé de la façon suivante : « Les yeux, quoique situés à leur place ordinaire, sont d'une grandeur démesurée (*fig.* 2); ils dépassent même en dessus le niveau de la face et rendent cette région plus large qu'elle ne l'est dans les individus normaux (*fig.* 1). »

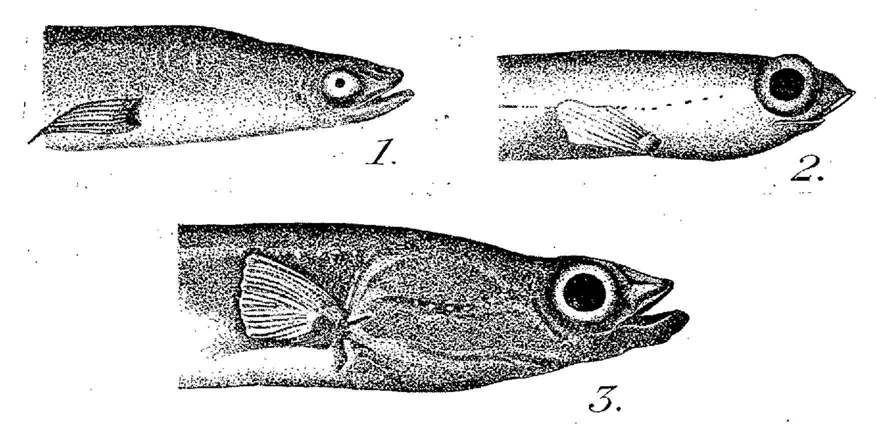


Fig. 1. — Tête d'Anguille de 25^{cm} provenant de la région de Caen. (Grand. nat.)
Fig. 2. — Tête d'Anguille de Beaulieu d'après Eudes-Deslongchamps, *pl. IV*, *fig.* 4. (Grand. nat.)
Fig. 3. — Tête d'Anguille d'avalaison femelle, d'après Grassi
(*in* Bertin, *La Nature*, n° 2746, *fig.* 8, p. 326).

Le célèbre naturaliste normand comprit l'importance biologique de cette observation et il écrivit : « Les Anguilles, dans leurs localités habituelles, ont-elles jamais montré un pareil développement de leurs organes visuels? Je n'ai lu ni appris rien de semblable, et je suis autorisé à croire que le fait que je signale ici est encore unique dans la science. Un très savant et très habile ichthyologiste, M. Agassiz, qui a vu chez moi l'animal, m'a dit ne connaître rien de semblable. »

---

(1) Cette macrophthalmie est à rapprocher de celle des Anguilles découvertes par Grassi dans les cloaques profonds de l'ancienne Rome (voir Chevrel, *Sur la reproduction de l'Anguille commune* (*Bull. Soc. Lin. de Normandie*, 5e série, **1**, 1897, p. 201).

Deslongchamps essaya néanmoins d'expliquer la macrophthalmie de l'Anguille de Beaulieu. Il émit l'idée que cette monstruosité s'était établie et développée sous l'influence de « causes agissantes » du lieu où ce Poisson a vécu et en particulier de l'obscurité. Mais, en biologiste averti, il se hâta d'abandonner ce terrain « trop glissant ».

Or, au cours de ces dernières années, nos connaissances sur la biologie des Anguilles ont fait de grands progrès grâce aux recherches de Johs. Schmidt, de Gandolfi Hornyold, etc. Nous avons appris, en particulier, qu'au moment de la descente à la mer, les Anguilles à maturité sexuelle (*Anguilles d'avalaison*) revêtent une livrée de voyage et que leurs yeux grossissent considérablement (*fig.* 3). Il était naturel de penser que l'Anguille de Beaulieu avait atteint sa maturité sexuelle et présentait la macrophthalmie corrélative. Mais l'étude que nous avons faite de cet animal ne nous a pas permis de reconnaître la présence de glandes génitales développées (¹). Cette recherche négative nous a conduits à envisager un autre déterminisme susceptible d'expliquer, dans l'état actuel de nos connaissances, le problème posé par l'Anguille de Beaulieu.

On sait que certains caractères latents, qui ne se manifestent normalement que sous l'influence d'un déterminisme bien établi, peuvent soudain s'exprimer sous l'action de simples traumatismes ou de maladies. C'est ainsi que chez les Gallinacés femelles, des caractères sexuels secondaires peuvent être tout aussi bien conditionnés par un ovaire sénile que par la présence d'une tumeur siégeant dans la glande; que le développement d'un bois chez une femelle de *Cervus capreolus* a été déclanché à la suite d'une blessure causée par un morceau de verre fiché dans le frontal droit au-dessus de l'orbite, etc. On peut donc admettre qu'un caractère qui est en puissance dans un organisme peut se manifester sous l'influence de facteurs différents (L. Cuénot, *Genèse*, 1911). La macrophthalmie présentée par l'Anguille vulgaire, au moment de la maturité sexuelle, est un caractère latent qui fait partie du patrimoine héréditaire de l'espèce. Rien ne s'oppose, d'après ce qui précède, à ce que ce caractère puisse s'exprimer, indépendamment de la maturité sexuelle, sous l'influence du milieu externe. Les yeux de l'Anguille de Beaulieu sont devenus énormes parce que la macrophthalmie est en puissance chez les Anguilles et qu'elle a pu être déclanchée par des facteurs du milieu dans lequel l'animal a vécu (obscurité, température basse et constante, par exemple).

(¹) D'après R. Chevrel (*op. cit.*), ce Poisson serait un mâle.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les divers ferments solubles contenus dans la moutarde noire* (Brassica nigra *K.*). Note (¹) de MM. **A. Astruc** et **M. Mousseron**, présentée par M. L. Guignard.

On sait que, dans la poudre de moutarde noire (*Brassica nigra* K.), l'hydrolyse du myronate de potassium dégage, en outre de l'essence, du bisulfate de potassium et une certaine quantité de glucose. Le calcul permet d'évaluer celle-ci à 180/99 de la proportion d'allylsénévol, ce qui, pour une des farines de moutarde étudiées titrant 0^g,50 d'essence seulement, devrait correspondre à 0^g,90 de glucose, pour 100^g de poudre considérée.

Or le titrage du glucose (par la méthode de G. Bertrand) effectué après la macération ordinaire de la moutarde en question nous a donné des chiffres bien supérieurs : 2^g,30 d'abord et 3^g,10 après 24 heures de contact. Et ce sucre réducteur, en excès sur celui résultant du dédoublement du glucoside, ne se trouve pas normalement dans la moutarde; car un traitement de la poudre à 100° (température à laquelle les ferments ne sont plus actifs) ne contient que des *traces* de sucre réducteur, tout comme une foule d'autres organes végétaux.

Il y a donc production de sucre réducteur pendant la macération de la farine de moutarde et en proportion telle que, d'ores et déjà, on peut penser à la présence de l'invertine pour jouer, dans cette formation, un rôle important.

L'expérience de macération de 5^g de poudre de moutarde dans 100^g d'eau, réalisée avec une certaine quantité de saccharose surajouté, donne des résultats décisifs :

Macération durant 15 heures à 37°	sans saccharose........	0^g,26 de sucre réducteur
»	avec 1^g saccharose......	0^g,52 »

Renouvelée avec des farines de moutarde diverses, elle a fourni des résultats comparables.

De *l'invertine* se trouve donc dans la moutarde; et nous avons constaté que cette invertine provoque encore le dédoublement du sucre à une température fort élevée (jusque vers 90°), probablement parce qu'elle est, en

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

quelque sorte, enrobée dans une matière mucilagineuse organique qui la protège, alors que, isolée et en solution, elle ne résiste pas à plus de 76°.

Mais on sait que l'invertine hydrolyse d'autres sucres que le saccharose : le raffinose et le stachyose, par exemple. Quel est celui de ces polysaccharides qui se trouve dans la moutarde?

Pour répondre à cette question, il suffit tout d'abord de vérifier dans la solution la présence ou l'absence de galactose (seul des trois polysaccharides considérés, le saccharose n'en fournit pas). Or, la non-formation d'acide mucique par l'acide azotique dilué, et la production de glucosazone (qui fondrait nettement à 229-230°) permettent d'affirmer que la moutarde ne contient pas de raffinose, ni de stachyose, mais bien du saccharose.

D'autres ferments solubles existent encore dans la moutarde. Nous y avons, en particulier, décelé l'amylase par son action sur l'empois d'amidon :

Macération durant 15 heures à 37° sans empois d'amidon..	0g,26	de sucre réducteur.
» dans l'empois d'amidon.	0g,72	» »

(La saccharification de l'empois d'amidon par l'acidité du bisulfate de potassium libéré, a été mesurée égale à 0g,015 de sucre réducteur seulement.)

Il existe donc de *l'amylase* dans la graine de moutarde et cette présence explique, vraisemblablement, l'observation de Grélot (1) qui avait constaté l'existence d'une substance colorée par l'iode ioduré, sorte de dextrine qui résulterait de l'hydrolyse, par l'amylase, d'une partie de l'amidon normal de la poudre.

N'existe-t-il pas, à côté de l'amylase, de la maltase pour dédoubler le maltose formé ci-dessus en deux molécules de glucose? L'expérience permet de répondre affirmativement. Les osazones formées sont, invariablement, de la glucosazone (point de fusion, 230°), sans maltosazone (point de fusion, 206°); la séparation par la méthode de Grimbert (lavage à la benzine, dessiccation et traitement par l'acétone) ne montre pas trace de maltosazone. Au surplus, un peu de maltose ajouté au macéré de moutarde, à 37°, disparaît bientôt pour ne laisser que du glucose, en solution.

La *maltase* existe donc, à côté de l'amylase, dans la graine de moutarde.

Ce n'est pas tout. Par addition d'un peu d'amygdaline au macéré de

(1) *Bul. Sc. Pharm.*, 15, 1908, p. 210.

moutarde, nous avons nettement caractérisé un dégagement d'acide cyanhydrique à l'odorat et au papier picrosodé de Guignard.

Il y aurait donc encore un peu d'*émulsine* dans la graine de moutarde.

Enfin nous avons mis en évidence une oxydase du groupe des *anaéroxydases*, puisque la macération de poudre de moutarde rougit la solution de gaïacol et bleuit la teinture de résine de gayac, en présence d'eau oxygénée seulement.

Conclusions. — La graine de moutarde est riche en ferments solubles. A côté de la myrosine (ferment capital et bien connu), se trouvent de l'invertine, de l'amylase, de la maltase, de l'émulsine et une anaéroxydase.

La séance est levée à 15h20m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 27 décembre 1926.)

Note de M. *Th. Vautier*, Formes et déformations d'ondes explosives :

Page 1335, dernière ligne (en note), *au lieu de* **183**, 1926, p. 953, *lire* **183**, 1926, p. 1267.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JANVIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *La Fondation Edmond de Rothschild.* Note de M. PAUL APPELL.

Notre confrère Edmond de Rothschild, de l'Académie des Beaux-Arts, a fait en 1921 une fondation en vue des progrès des Sciences physiques et chimiques et de leurs applications. Cette Fondation est administrée par un Conseil dans lequel siègent plusieurs membres de l'Académie des Sciences, deux d'entre eux étant délégués directement par l'Académie. Aussi le Conseil, dans sa séance du 22 décembre, m'a-t-il chargé, au titre de Président de la Fondation, de mettre l'Académie au courant de l'activité de cette institution. C'est ce que je vais faire, sans citer aucun nom propre.

Tout d'abord, et c'est là son œuvre principale, la Fondation poursuit la formation de chercheurs par des subventions données à des jeunes gens qui lui sont signalés par les directeurs de laboratoires; exceptionnellement elle subventionne des savants pour acheter des appareils ou pour faire des travaux dans une voie déterminée. La Fondation subventionne plus spécialement des recherches coordonnées qui se rattachent à deux groupes : l'un de la photochimie, l'autre des températures élevées. Le groupe de la photochimie comprend d'abord des recherches sur l'origine, l'observation et la sélection des différents rayonnements, puis une étude sur la structure de la matière telle que certaines radiations la révèlent, enfin des recherches sur la perturbation que l'énergie rayonnante apporte dans l'équilibre moléculaire, sur l'activation des molécules par la lumière et sur les réactions chimiques qui en sont les conséquences.

Ces travaux de photochimie touchent aux principes mêmes de la mécanique chimique. Ils ne peuvent pas manquer d'avoir un jour leur répercussion dans la pratique. Mais, du point de vue des réalisations immédiates, nous pouvons attendre davantage de notre second groupe, celui des hautes températures. En 1924 la Fondation, sous la direction très dévouée de l'un de ses membres, a publié un livre intitulé *Fours électriques et Chimie*, et elle a fait les frais de l'édition. Ce livre rend de grands services aux techniciens. De plus, les collaborateurs de l'ouvrage, dans leurs laboratoires respectifs, continuent à travailler de concert à des recherches coordonnées. J'ajoute qu'un autre de nos membres, avec l'assistance d'un collaborateur subventionné, continue ses études pour le traitement industriel des matières pulvérulentes à haute température. Le broyeur à grand débit et à faible consommation qu'il a réalisé a été muni d'appareils séparateurs, d'appareils dépoussiéreurs pouvant fonctionner à toute température. Les études préliminaires du matériel sont assez avancées pour que l'on ait pu aborder avec ces appareils le problème de la distillation des produits bitumineux pour l'extraction des succédanés du pétrole avec de nouveaux procédés de débenzolage ; ces recherches sont en cours d'exécution. Et l'on peut dire que le groupe des recherches sur les hautes températures est en pleine activité.

Ainsi s'affirme le rôle de la Fondation, qui lui donne son caractère propre : elle s'efforce d'introduire dans nos laboratoires, pour le plus grand bien de la Science, l'esprit d'organisation. Pourtant, à titre exceptionnel, elle subventionne aussi des recherches isolées quand elles représentent un intérêt particulier.

Dans l'ordre pratique, la Fondation aide les chercheurs à prendre des brevets. Trop souvent, les savants français lancent dans le monde des idées fécondes en applications, mais qui ne rapportent rien à leurs auteurs. C'est une coutume à réformer. Les savants qui ne voudront rien pour eux-mêmes pourront toujours prendre les brevets pour leur laboratoire ou pour une maison scientifique. En tout cas, une part des bénéfices devra revenir à la Fondation pour aider d'autres chercheurs.

La Fondation Edmond de Rothschild compte maintenant cinq années d'existence. Et nous pouvons déjà mesurer les grands services qu'elle a rendus à la Science. L'animation grandissante de nos laboratoires, les travaux qui en sont sortis, c'est, en grande partie, à cette belle œuvre que nous les devons. Ce qu'elle a fait de mieux sans doute, c'est de permettre à des jeunes gens de donner toute leur activité à la Science sans souci de la vie matérielle; c'est d'encourager des vocations et de rendre possible la recherche en susci-

tant les chercheurs. Et nous pouvons nous féliciter d'un certain nombre de travaux importants qui ont pu être poursuivis et achevés grâce à notre appui. Nous pouvons compter environ une vingtaine de jeunes gens que nous avons dès à présent acquis à la recherche. La plupart se sont signalés par des travaux intéressants. Nos crédits sont limités, nous le savons, mais le recrutement de nos stagiaires et de nos aides est si utile à la recherche scientifique que nous souhaitons de les voir travailler de plus en plus nombreux sous l'égide de la Fondation.

Au nom de tous les savants, je remercie le généreux fondateur.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les actions chimiques des radiations.* Note de M. **P. Villard.**

Dans une Note assez récente sur l'inversion photographique (1), M. H. Belliot a publié, au sujet de l'action régénératrice des rayons rouges, des résultats en partie nouveaux, qui confirment et complètent ce qu'on savait déjà sur cette question et, en particulier, ce que j'avais observé en 1907 (2),

Rappelons à ce sujet qu'en 1848 Claudet (3) avait constaté que les rayons rouges ramènent à l'état initial une plaque Daguerrienne, à couche épaisse d'iodure, impressionnée par la lumière du jour, l'expérience pouvant même être renouvelée six fois de suite sur la même plaque.

En 1907, j'ai montré que la lumière blanche efface une impression produite sur le gélatino-bromure d'argent par les rayons X, et rétablit à peu près, pour ces rayons, la sensibilité initiale; j'ai également indiqué qu'avec le gélatino-chlorure d'argent les rayons rouges détruisent une image latente produite par la lumière blanche (c'est-à-dire par le violet), et restaurent suffisamment la sensibilité pour permettre d'utiliser de nouveau la plaque avec le temps de pose normal (4).

En retrouvant ces résultats avec les plus rapides préparations photographiques, et les précisant par des mesures, M. H. Belliot a, toutefois, très utilement mis en évidence la généralité de phénomènes assez mal connus, parfois contestés ou, au contraire, exagérés, et qui, avec les phénomènes de continuation, offrent d'autant plus d'intérêt qu'on peut aujourd'hui

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1609.
(2) *Journal de Physique*, 4e série, **6**, 1907, p. 445.
(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, **22**, 1848, p. 339-340.
(4) *Loc. cit.*, p. 453.

entrevoir, à leur sujet, une interprétation dont je vais indiquer le principe.

I. *Destruction d'une image latente.* — Ce phénomène est généralement confondu avec la solarisation : on oublie le rétablissement de la sensibilité (expériences de Claudet par exemple), la restauration, par certaines radiations lumineuses (respectivement situées dans le rouge, le jaune et le vert) du platinocyanure de baryum bruni par les rayons X, etc.

On peut, je crois, interpréter plus utilement les faits de la manière suivante :

Soit une plaque photographique voilée par des rayons X de dureté usuelle; les niveaux profonds des atomes d'argent et de brome (niveaux K par exemple) ont été atteints; de là, sans chercher à entrer dans le détail, une rupture d'équilibre qui, dans un solide, disparaîtra difficilement d'elle-même; c'est ce qui constitue l'image latente.

Vienne maintenant à agir la lumière ordinaire : l'agitation électronique qu'elle provoquera dans les niveaux optiques, rendra immédiatement possible la reconstitution des niveaux beaucoup plus stables K; l'impression produite par les rayons X aura disparu, et la sensibilité, pour ces rayons, sera rétablie, sans que cette restauration puisse être gênée par la lumière, à laquelle ces niveaux sont inaccessibles.

Dans le spectre visible par exemple, et sans doute assez loin dans l'ultra-violet, toutes les radiations seront efficaces, et cela d'autant plus que leur quantum sera plus élevé; d'où panchromatisme, mais non orthochromatisme, conformément à l'observation.

Si l'on remplace les rayons X par la lumière, par le violet par exemple, c'est un niveau optique qui sera atteint, et l'on ne pourra évidemment le reconstituer qu'en faisant agir des rayons n'ayant pas un quantum suffisant pour en détacher les électrons qui tendraient à y revenir. La régénération ne sera par suite possible qu'avec la partie la moins réfrangible du spectre; elle sera en conséquence, pour une source donnée, beaucoup moins rapide que dans le cas précédent, ce que vérifie l'expérience, mais le mécanisme ne sera pas différent.

II. *Phénomènes de continuation.* — Ces phénomènes, dont l'observation est très facile, et qu'on pourrait utiliser, ont été découverts par Ed. Becquerel (¹); ils sont, en général, inexactement décrits :

On dit quelquefois que les rayons rouges peuvent continuer l'action commencée par

(¹) Cf. Ed. Becquerel, *La Lumière, ses causes, ses effets*, Paris, Firmin-Didot, 1868.

les rayons violets : cela n'est vrai que pour les plaques Daguerriennes à couche mince d'iodure; parfois on admet que les radiations peu réfrangibles du spectre visible sont capables d'accroître l'intensité d'une image latente et de faciliter ainsi l'action du révélateur. Des expériences ont même été faites dans cet ordre d'idées avec des plaques au gélatino-bromure d'argent, et en les développant ; or le gélatino-bromure d'argent ne peut donner lieu à aucun effet continuateur et, la continuation étant un développement, l'observation des phénomènes dont il s'agit ne comporte pas l'emploi d'un révélateur.

Ed. Becquerel a, en effet, montré qu'avec les plaques Daguerriennes, par exemple, la continuation par la lumière peut remplacer entièrement le développement par la vapeur de mercure. Le même auteur a, d'autre part, établi que le chlorure d'argent précipité et *lavé*, puis étendu sur un papier (ce qui est à peu près le cas du gélatino-bromure d'argent, inconnu à cette époque), ne donne lieu à aucun effet continuateur; la présence d'un sel soluble d'argent est indispensable; j'ajouterai que celle d'un réducteur est au moins aussi nécessaire.

Ce qu'on peut observer avec le gélatino-bromure se borne à l'addition d'effets trop faibles pour être isolément appréciables; c'est l'analogue de ce qu'on obtient en superposant 2 clichés identiques n'offrant chacun qu'une image à peine discernable; par superposition, cette image devient très apparente. Les deux impressions successives peuvent évidemment être produites au moyen des mêmes radiations, et il faut naturellement développer; on peut ainsi gagner le rapport 2 environ, mais ceci est entièrement étranger à la présente question.

La continuation est en effet l'équivalent d'un développement et comparable à une multiplication. On la réalise sans difficulté avec les papiers sensibles à noircissement direct, qui contiennent de l'azotate d'argent, et, beaucoup mieux, en ajoutant un peu d'acide tartrique.

Il suffit d'impressionner ces papiers pendant 10 à 20 secondes à la lumière diffuse du ciel sous une silhouette en papier noir, ou pendant 1 ou 2 minutes sous un cliché, et de les exposer ensuite, cliché enlevé, à la même lumière filtrée par des verres jaunes et verts, les rayons rouges, qui effaceraient en partie l'impression, devant être écartés.

On voit alors l'image se développer peu à peu et acquérir en une dizaine d'heures (avec l'acide tartrique) l'aspect et l'intensité d'une bonne photographie. Pour obtenir sans le secours de la continuation, une épreuve de même valeur, il faudrait multiplier par 30 ou 40 la durée d'exposition sous le cliché, ce qui donne la mesure de l'effet continuateur (1).

(1) Voir *Journal de Physique*, 4e série, 6, 1907, p. 377, une épreuve stéréoscopique dont une des deux images a été ainsi développée par la lumière sans l'aide d'aucun révélateur. Sur une moitié de l'autre image servant de témoin on a fait agir du violet, qui a produit un voile uniforme.

L'explication de ce développement *à sec* paraît assez simple :

L'acide tartrique, pour prendre un cas bien défini, n'est pas, comme l'acide gallique ou le tannin, capable de développer, en présence d'un sel soluble d'argent, un papier impressionné; l'appoint d'une énergie étrangère, apportée par une radiation, peut lui donner ce pouvoir. Le quantum de cette radiation doit être aussi grand que possible, sans cependant atteindre une valeur suffisante pour impressionner le papier d'une manière appréciable pendant la durée de l'opération. Avec les papiers ordinaires on ne peut dépasser le vert de l'arc à mercure; avec les papiers à l'acide tartrique on peut aller jusqu'au début du bleu et réduire ainsi beaucoup la durée de l'expérience.

L'intensité ne joue, bien entendu, aucun rôle dans ces phénomènes : avec le vert, que le développement dure plusieurs semaines, ou soit réduit à un minimum de quelques heures, il ne se produit pas de voile. Avec l'extrême violet, le noircissement peut à volonté s'obtenir soit en 100 ou 200 heures, soit en 3 minutes, mais, comme on peut s'y attendre, il est toujours général.

Dans une prochaine Note je ferai connaître quelques résultats nouveaux relatifs aux images latentes produites par les rayons X et par la lumière.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un nouveau procédé d'ornementation de l'aluminium et de ses alliages.* Note de M. **Léon Guillet.**

De très nombreuses recherches, dont certaines ont été communiquées à l'Académie, sont actuellement poursuivies, soit en vue de protéger l'aluminium et ses alliages contre les corrosions, soit en vue d'orner ces produits métallurgiques afin de leur enlever cet aspect gris terne qui nuit à certains emplois.

Un phénomène très curieux a été récemment découvert aux États-Unis par M. Pacz; il n'a encore fait l'objet d'aucune communication et d'aucune étude systématique. J'ai poursuivi cette étude dont voici les principales conclusions.

Le fait découvert par M. Pacz est le suivant :

Si l'on trempe l'aluminium ou un alliage riche en aluminium dans le bain suivant : eau, 4^l; fluosilicate de sodium, 5^g; sulfate de nickel cristallisé, 10^g; azotate de potassium, 25^g, on voit apparaître des lignes plus ou

moins colorées qui noircissent très rapidement dans le bain lui-même. Les résultats les meilleurs sont obtenus à une température de 70 à 80°.

Lorsqu'on étudie ce phénomène, on note les points suivants : 1° Le dépôt, qui prend naissance, affecte la forme de lignes orientées, d'épaisseur assez irrégulière; on pourrait croire *a priori* à une macrographie du métal; il n'en est rien.

2° En effet, on peut faire varier à volonté le dessin obtenu en modifiant les conditions de l'attaque : les lignes obtenues sont fonction, au moins en partie, du mouvement relatif de la pièce et du bain.

Un mouvement vertical d'une planche dans le bain détermine des lignes verticales qui ne sont pas en relation avec le sens du laminage ou de l'écrouissage. Un tube plongé verticalement donne une succession de lignes parallèles à l'axe, tandis que, plongé horizontalement, il se recouvre de lignes toutes sensiblement perpendiculaires à l'axe.

3° En plaçant une goutte de réactif à la surface du métal, on obtient une attaque rayonnante.

4° Si l'on produit, au pinceau, une attaque selon un dessin déterminé, et que l'on plonge ensuite toute la pièce dans le bain, la première attaque est respectée et produit même, dans tout son entourage, une zone de protection contre l'action ultérieure du réactif.

5° L'écrouissage diminue sensiblement l'importance des dépôts.

6° Si, après application générale du réactif, on détermine l'attaquabilité de l'alliage, on note qu'autour même des lignes colorées la corrosion est nettement plus élevée avec formation d'alumine.

7° Les phénomènes sont aussi nets avec les différents aluminiums commerciaux qu'avec l'alpax, le duralumin, et, de façon générale, les alliages à teneur élevée en aluminium.

8° Si l'on examine, au microscope, les dépôts qui prennent naissance, on note que ceux-ci ont comme points de départ les zones contenant les impuretés courantes de l'aluminium.

9° En aucun cas, il ne m'a pas été possible, quelle qu'ait été la durée de l'attaque, de produire un dépôt uniforme sur toute la surface; l'action est nettement limitée, sans doute par suite de protection électrolytique.

De par sa nature même, le dépôt ne peut être extrêmement tenace; cependant un emboutissage ne le détruit pas et il doit suffire dans de nombreuses applications.

Le dépôt qui se forme, dans ces conditions, est probablement du nickel très divisé, oxydé partiellement dans le bain même.

J'ai chauffé à 450° dans un courant d'hydrogène sec et pur pendant 2 heures des plaquettes d'un même échantillon d'aluminium, l'un sans aucune préparation, deux autres traités par la solution. Les pertes de poids observées et rapportées au décimètre carré de surface ont été les suivantes (en grammes) :

Aluminium non traité	0,0016
Aluminium traité, premier échantillon	0,0046
Aluminium traité, deuxième échantillon	0,0033

Il semble donc bien que le dépôt renferme de l'oxyde de nickel qui est ainsi réduit dans ces expériences ([1]). Ce chauffage dans l'hydrogène donne au dépôt un ton noir plus vif qu'avant ce traitement. Sans doute cette coloration est-elle due à la division du nickel déposé.

MYCOLOGIE. — Sartorya, *nouveau genre de Plectascinées angiocarpes.* Note ([2]) de M. **Paul Vuillemin.**

Les périthèces de l'*Aspergillus fumigatus* Fresenius furent longtemps cherchés en vain. On présumait que l'espèce rentre, de même que l'ancien *Aspergillus glaucus*, dans le genre *Eurotium* de Bary. Cette prévision parut confirmée quand M. Dangeard trouva les périthèces d'une espèce dont l'appareil conidien diffère peu de l'*A. fumigatus;* mais cette espèce en avait été distinguée sous le nom d'*Eurotium malignum* Lindt.

La question restée pendante vient d'être résolue par MM. A. Sartory, R. Sartory et J. Meyer ([3]) à l'aide d'une technique aussi nouvelle qu'ingénieuse. Je n'aurais rien à ajouter si un point des conclusions ne semblait appeler une rectification. Au dire des auteurs, l'espèce rentrerait dans le genre *Eurotium*. S'il est incontestable qu'elle appartient, comme les *Eurotium*, au groupe des Plectascinées angiocarpes, elle s'éloigne de ce genre par les ascospores elliptiques, non lenticulaires, qui rappellent le *Thielavia basicola* Zopf et l'*Allescheria Gayoni* (Cost.) Sacc. et Sydow, par les périthèces, beaucoup plus éloignés de ceux des *Eurotium* que ceux des *Thielavia* et des *Allescheria*, car ils ont une paroi formée de plusieurs épaisseurs de cellules et sont logés dans un sclérote.

([1]) L'oxyde de nickel est réduit par l'hydrogène dès 270°.

([2]) Séance du 10 janvier 1927.

([3]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1360.

L'*Aspergillus fumigatus* n'appartient pas à une espèce du genre *Eurotium*. D'une façon générale, les genres accessoires, fondés sur des appareils de propagation asexuée ou de conservation, ne cadrent pas nécessairement avec les genres réguliers, reposant sur l'appareil reproducteur. Ces derniers sont seuls définitifs, quelle que soit la variété des appareils conidiens qui caractérisent leurs espèces.

Le genre accessoire *Sterigmatocystis*, voisin des *Aspergillus*, se répartit aussi entre plusieurs genres réguliers. Le *Penicilliopsis clavariæformis* Solms-Laubach donne des *Sterigmatocystis* corémiés. Le *Sterigmacystis nidulans* Eidam rentre dans le genre *Emericella* Berkeley. L'espèce type, *E. varicolor* Berk. et Br., n'a pas de conidies connues; les conidies de l'*E. erythrospora* (Borzi) Fischer forment des chapelets terminant des filaments corémiés. Les ascospores rutilantes, lenticulaires, munies de crêtes membraneuses, à bord plissé ou déchiqueté, sont bien caractéristiques, tout en rentrant dans le type des *Eurotium*. Le plectenchyme ascogène est limité par une couche scléreuse, nichée dans un lacis de filaments terminés en vésicule chez l'*E. erythrospora* comme chez l'*E. nidulans*. Le *St. nigra* donne des tubercules charnus, analogues à ceux des *Penicilliopsis*; toutefois je n'y ai pas trouvé d'asques et les descriptions antérieures manquent de netteté.

Ne pouvant faire rentrer les périthèces d'*Aspergillus fumigatus* dans les genres *Eurotium*, *Emericella*, *Penicilliopsis*, *Allescheria*, ni aucun autre genre parvenu à ma connaissance, nous nous voyons contraints de fonder sur eux un nouveau genre. Je me fais un agréable devoir de le dédier aux frères Sartory. L'espèce type, jusqu'ici unique, est le *Sartorya fumigata* (Fres.) Vuill., dont l'appareil conidien est bien connu sous le nom d'*Aspergillus fumigatus*.

M. F.-E. **Fournier** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Projet de règles internationales urgentes pour empêcher tout risque d'abordages en brume, entre des escadres ou des convois, ou entre des bâtiments à moteurs naviguant isolément*.

M. **P.-A. Dangeard** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier *Sur l'assimilation chlorophyllienne*, dont il a étudié les variations très étendues non seulement aux différentes époques de l'année, mais aussi dans le cours d'une même journée. Les observations ont été réalisées dans la région parisienne. Mais il serait possible maintenant de les

étendre à différents pays et à des altitudes variables : de telles sources d'informations seraient d'une utilité pratique manifeste pour apprécier les différences de végétation que l'on observe dans la nature selon les climats et selon les régions.

NOMINATIONS.

MM. **Ch. Barrois**, **P. Sabatier** et **M. d'Ocagne** sont désignés pour représenter l'Académie aux fêtes du cinquième centenaire de la fondation de l'*Université de Louvain*, qui auront lieu le mardi 28 et le mercredi 29 juin 1927.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 13 janvier 1927, autorisant l'Académie à accepter le legs à titre universel qui lui a été consenti par M. *Albert Roy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° René Jeannel. *Faune cavernicole de la France avec une étude des conditions d'existence dans le domaine souterrain*. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° *Dix Ans d'Efforts Scientifiques et Industriels*, 1914-1924, tome II. (Présenté par M. C. Matignon.)

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les courbes de torsion nulle et les surfaces développables dans les espaces de Riemann*. Note de M. **Élie Cartan**.

Il est bien connu que, dans un espace à courbure constante, comme dans l'espace ordinaire, les lignes de torsion nulle se confondent avec les courbes planes, de sorte qu'on peut obtenir leurs équations générales sans aucun

signe d'intégration ; autrement dit, le système différentiel qui les définit est de *classe* zéro ([1]).

La recherche des espaces de Riemann (et plus généralement des espaces à connexion projective) dans lesquels le système différentiel des lignes de torsion nulle est de classe zéro conduit à des résultats intéressants, qui sont en relation avec des questions diverses de Géométrie et de Mécanique. Le problème est de caractère projectif; les lignes de torsion nulle étant caractérisées par la propriété que deux géodésiques tangentes infiniment voisines se coupent, à des infiniment petits près d'ordre supérieur au troisième (du cinquième ordre, en fait). Nous laisserons complètement de côté dans ce qui suit les espaces à courbure constante.

I. Nous dirons qu'un élément plan (E) issu d'un point M contient une direction *principale* (Δ) si, après transport parallèle le long d'un cycle infinitésimal tracé dans l'élément plan, la direction (Δ) ne sort pas de (E).

Cela posé, *pour que le système différentiel des lignes de torsion nulle soit de classe zéro, il faut et il suffit :*

1° *Que tout élément plan* (E) *de l'espace contienne une direction principale* (Δ);

2° *Que cette direction* (Δ) *reste principale pour l'élément* (E') *déduit de* (E) *par transport parallèle, l'origine* M *subissant un déplacement infinitésimal* MM' *dans la direction* (Δ).

La première condition n'est jamais réalisée dans un espace de Riemann à $n > 3$ dimensions; elle l'est toujours si $n = 3$.

Le calcul conduit à ce résultat remarquable que *les espaces de Riemann à trois dimensions satisfaisant à la seconde condition sont ceux qui admettent une représentation géodésique (non conforme) sur un autre espace de Riemann.* En faisant abstraction des cas de dégénérescence, le ds^2 d'un tel espace, comme l'a montré M. Levi-Cività ([2]), est réductible à la forme

$$(1) \quad ds^2 = \frac{(x-y)(x-z)}{X}dx^2 + \frac{(y-z)(y-x)}{Y}dy^2 + \frac{(z-x)(z-y)}{Z}dz^2,$$

où X ne dépend que de x, Y de y et Z de z.

Les courbes de torsion nulle se partagent en ∞^1 familles dépendant d'une

([1]) E. Cartan, *Sur l'équivalence absolue de certains systèmes d'équations différentielles* (*Bull. Soc. math.*, **42**, 1914, p. 12-48).

([2]) T. Levi-Cività, *Sulle trasformazioni delle equazioni dinamiche* (*Annali di mat.*, 2e série, **24**, 1896, p. 255-300) La forme (1) avait déjà été considérée par R. Liouville, *Sur les équations de la dynamique* (*Acta math.*, **19**, 1895, p. 273).

constante arbitraire h; ce sont les courbes intégrales des équations aux dérivées partielles du premier ordre

$$(2)\quad (h-x)X(y-z)p^2+(h-y)Y(z-x)q^2+(h-z)Z(x-y)=0.$$

On peut remarquer que le cône (T) auquel sont tangentes les surfaces intégrales passant par un point donné M engendre, quand h varie, une famille de cônes homofocaux ayant pour axes les directions principales de l'espace en M.

II. Les surfaces intégrales de l'équation (2) sont des surfaces *développables* (à lignes asymptotiques doubles); leurs asymptotiques sont les caractéristiques de l'équation (2) et ces caractéristiques sont des *géodésiques*. Ces surfaces peuvent donc être appelées *développables réglées*.

On sait que dans un espace de Riemann quelconque les surfaces développables ne sont pas en général réglées ([1]). Leurs asymptotiques ont une torsion nulle, *mais leur courbure n'est nulle que si la direction tangente à ces courbes est principale pour l'élément plan tangent à la surface*. De là résulte facilement le théorème suivant :

Les espaces qui contiennent au moins une surface développable réglée passant par un point arbitraire et tangente en ce point à un élément plan arbitraire sont celles qui admettent une représentation géodésique sur un autre espace de Riemann. Leurs courbes de torsion nulle sont les arêtes de rebroussement de leurs surfaces développables réglées, lesquelles jouissent ainsi de la propriété remarquable que deux génératrices infiniment voisines se coupent, aux infiniment petits du cinquième ordre près.

Ces espaces sont encore caractérisés par la propriété que les équations différentielles des caractéristiques (du premier ordre) *de l'équation aux dérivées partielles de Monge-Ampère qui définit leurs surfaces développables admet une combinaison intégrable*. En égalant à une constante arbitraire une intégrale première de cette combinaison intégrable, on obtient les équations (2) des surfaces développables réglées. Par toute géodésique il passe une infinité de surfaces développables réglées ; deux de ces surfaces, ou bien se touchent, ou bien se coupent à angle droit, tout le long de la géodésique.

III. Signalons une dernière propriété caractéristique.

Dans un espace de Riemann à 3 dimensions les équations différentielles qui définissent la variation, en fonction de l'arc s d'une géodésique, du vecteur infiniment petit (u, v) qu'il faut porter normalement à cette géodésique

---

([1]) Contrairement à ce qu'affirme A. Voss, *Math. Ann.*, **16**, 1880, p. 168-170.

pour obtenir une géodésique infiniment voisine, sont de la forme [1]

$$\frac{d^2u}{ds^2} + A(s)u + B(s)v = 0, \qquad \frac{d^2v}{ds^2} + B(s)u + C(s)v = 0.$$

Les espaces pour lesquels le coefficient B *est réductible à zéro sont ceux qui admettent une représentation géodésique sur un autre espace de Riemann.* Les deux directions rectangulaires dans lesquelles il faut porter les deux composantes *indépendantes u* et *v* sont tangentes aux deux familles de développables réglées contenant la géodésique donnée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques problèmes aux limites pour les équations différentielles linéaires ordinaires du quatrième ordre.* Note de M. **S.-A. Janczewski**, présentée par M. Hadamard.

I. Envisageons un système homogène du quatrième ordre :

$$(1) \qquad [\rho(x)y'']'' + [\psi(x) - \lambda\tau(x)]y = 0 \qquad (a \leqq x \leqq b),$$

$$(2) \quad \begin{cases} U_i(y) \equiv c_{i1}(\rho y'')'_a + c_{i2}(\rho y'')_a + c_{i3}y'_a + c_{i4}y_a + d_{i1}(\rho y'')'_b \\ \qquad + d_{i2}(\rho y'')_b + d_{i3}y'_b + d_{i4}y_b = 0 \quad [2] \qquad (i = 1 - 4). \end{cases}$$

Nous supposons que ρ, ρ', ρ'', τ, ψ sont des fonctions continues, $\rho > 0$, $\tau \geqq 0$ et ne s'annulent que pour un nombre fini des valeurs de x, et que le système (1)-(2) (c_{ik}, d_{ik} étant constants) est son propre adjoint ; ainsi tous les nombres caractéristiques sont réels. Désignons par le symbole $\alpha\beta\gamma\delta$ un déterminant contenant les colonnes α, β, γ, δ du tableau

$$(3) \qquad \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ c_{11} & \ldots & c_{14} & d_{11} & \ldots & d_{14} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ c_{41} & \ldots & c_{44} & d_{41} & \ldots & d_{44} \end{pmatrix}$$

dans l'ordre indiqué.

En se servant de la méthode de continuité, nous démontrons [3] qu'il existe un système homogène aux mêmes coefficients c_{ik}, d_{ik} où $\rho = k_1 =$ const.,

---

[1] T. Levi-Cività, *Sur l'écart géodésique* (*Math. Ann.*, **97**, 1926, p. 291-320).

[2] Cette forme des conditions aux limites est plus commode que celle qu'on emploie ordinairement.

[3] Par analogie avec les systèmes du deuxième ordre. Voir O. Haupt, *Math. Ann.*, **76**, 1914, p. 76-80.

$\psi = k_2$ et [si $\tau(x) \neq 0$] $\tau = k'_3$, dont les nombres caractéristiques positifs [resp. négatifs] sont tous non inférieurs ou, si l'on veut, sont tous non supérieurs, aux nombres caractéristiques positifs [resp. négatifs] correspondants du système donné (1)-(2).

II. Nous nommons le système (1)-(2) un système de Sturm si les conditions $U_i(y) = 0$ sont équivalentes aux conditions du type

$$(4) \qquad \begin{cases} a_{j1}(\rho y'')'_a + a_{j2}(\rho y'')_a + a_{j3}y'_a + a_{j4}y_a = 0, \\ b_{j1}(\rho y'')'_b + b_{j2}(\rho y'')_b + b_{j3}y'_b + b_{j4}y_b = 0; \end{cases}$$

le système (1)-(2) étant son propre adjoint : on ne peut obtenir ici que deux conditions au point a et deux au point b de sorte que $j = 1, 2$. Il est presque évident que dans le cas de Sturm tous les déterminants du tableau (3) contenant plus que deux colonnes des éléments c_{ik} (ou d_{ik}) sont nuls et quelques déterminants contenant deux colonnes des éléments c_{ik} et d_{ik} sont $\neq 0$. Distribuons ces derniers dans l'ordre suivant : 1256, 1257, 1356, 1258 = 1267, 1357, 1456 = 2356, 1268, 1358 = 1367, 1457 = 2357, 2456, 1278, 1368, 1148 = 1467 = 2358 = 2367, 2457, 3456, 1378, 1468 = 2368, 2458 = 2467, 3457, 1478 = 2378, 2468, 3458 = 3467, 2478, 3568, 3478 (¹). Nommons le déterminant de tête du problème donné, celui qui est, en commençant par 1256, le premier différent de zéro. Les déterminants $\alpha\beta\,58$ ou $14\,\gamma\delta$ ne peuvent pas être des déterminants de tête parce que, dans le cas contraire, le système correspondant ne serait pas son propre adjoint. Un système dont le déterminant de tête est 1257 [resp. 1268, 1278, ...] peut être réduit par le changement de x en $(a+b-x)$ à un système dont le déterminant de tête est 1356 [resp. 2456, 3456, ...]. Il y a lieu ainsi de considérer seulement dix types de problèmes de Sturm dont les déterminants de tête sont : 1256, 1356, 1357, 2456, 2457, 2468, 3456, 3457, 3468, 3478.

III. Nous démontrons ensuite que : 1° le seul point limite des nombres caractéristiques d'un problème de Sturm est $+\infty$; 2° chaque problème de Sturm est — à un changement de x en $(a+b-x)$ près — équivalent à

(¹) Les égalités $14\,\gamma\delta = 23\,\gamma\delta$, $\alpha\beta\,58 = \alpha\beta\,67$ sont les conditions nécessaires et suffisantes pour que le système de Sturm soit son propre adjoint; si le système considéré à la forme (1)-(4), ces conditions deviennent $a_{11}a_{24} - a_{14}a_{21} = a_{13}a_{22}$, $b_{11}b_{24} - b_{14}b_{21} = b_{12}b_{23} - b_{13}b_{22}$. C'est une conséquence facile à tirer des théorèmes de M. Bounitzky, *Journ. Liouv.*, **5** (74), 1909, p. 710, et Jackson, *Trans. Amer. M. Soc.*, **17**, 1916, p. 422.

un problème aux conditions d'une des dix formes canoniques :

$$\text{I.}\ \begin{cases}(\rho y'')'_a - N y'_a + N_1 y_a = 0, & (\rho y'')_a + N_2 y'_a + N y_a = 0,\\ (\rho y'')'_b - k y'_b + k_1 y_b = 0, & (\rho y'')_b + k_2 y'_b + k y_b = 0;\end{cases}$$

$$\text{II.}\ \begin{cases}(\rho y'')'_a + P(\rho y'')_a + P_1 y_a = 0, & y'_a + P y_a = 0,\\ (\rho y'')'_b - k y'_b + k_1 y_b = 0, & (\rho y'')_b + k_2 y'_b + k y_b = 0;\end{cases}$$

$$\text{III.}\ \begin{cases}(\rho y'')'_a + P(\rho y'')_a + P_1 y_a = 0, & y'_a + P y_a + 0,\\ (\rho y'')'_b + Q(\rho y'')_b + Q_1 y_b = 0, & y'_b + Q y_b = 0;\end{cases}$$

$$\text{IV.}\ \begin{cases}(\rho y'')_a + B_1 y'_a = 0, \quad y_a = 0, \quad (\rho y'')'_b - k y'_b + k_1 y_b = 0,\\ (\rho y'')_b + k_2 y'_b + k y_b = 0;\end{cases}$$

$$\text{V.}\ (\rho y'')_a + B_1 y'_a = 0, \quad y_a = 0, \quad (\rho y'')'_b + Q(\rho y'')_b + Q_1 y_b = 0, \quad y'_b + Q y_b = 0;$$

$$\text{VI.}\ (\rho y'')_a + B_1 y'_a = 0; \quad y_a = 0, \quad y_b = 0, \quad (\rho y'')_b + C_1 y'_b = 0;$$

$$\text{VII.}\ y_a = y'_a = 0, \quad (\rho y'')'_b - k y'_b + k_1 y_b = 0, \quad (\rho y'')_b + k_2 y'_b + k y_b = 0;$$

$$\text{VIII.}\ y_a = y'_a = 0, \quad (\rho y'')'_b + Q(\rho y'')_b + Q_1 y_b = 0, \quad y'_b + Q y_b = 0;$$

$$\text{IX.}\ y_a = y'_a = 0, \quad y_b = 0, \quad (\rho y'')_b + C_1 y'_b = 0;$$

$$\text{X.}\ y_a = y'_a = 0, \quad y_b = y'_b = 0;$$

où les coefficients sont des constantes qui peuvent être aussi nulles. Tous les problèmes dont le déterminant de tête est 1256 [resp. 1356, 1357, ...] se réduisent à la forme I [resp. II, III, ...].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des faisceaux de transformations infinitésimales, de degré n, à n + 1 variables.* Note de M. **E. Vessiot**, présentée par M. Goursat.

1. Le problème général le plus simple de la théorie des *faisceaux de transformations* (¹) est d'intégrer un faisceau F défini par n transformations de base, $X_1 f, \ldots, X_n f$, à $n+1$ variables $x_0, x_1, \ldots, x_n$. La *structure* de F est donnée, Xf étant une $(n+1)^{\text{ième}}$ transformation arbitraire, par des identités-congruences

$$(X_i, X_k) \equiv c_{i,k} X f \quad (\text{mod F}). \tag{1}$$

Si le déterminant des fonctions $c_{i,k}$ n'est pas nul, ce qui suppose $n = 2m$, F n'a pas de transformation *distinguée;* bornons-nous ici à ce cas, auquel se ramène facilement le cas général.

Soient alors g une fonction quelconque, F_g le sous-faisceau de F, de degré $n-1$, qu'elle admet; il y a une transformation de F, et une seule, qui est

(¹) E. Vessiot, *Bulletin de la Société mathématique*, 52, 1924, p. 336.

en involution avec toutes celles de F_g. Elle est donnée par le déterminant bordé (crochet)

$$(2) \qquad \{g, f\} = \begin{vmatrix} c_{1,1} & \dots & c_{1,n} & X_1 g \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{n,1} & \dots & c_{n,n} & X_n g \\ X_1 f & \dots & X_n f & 0 \end{vmatrix}.$$

Par suite, elle appartient à F_g, et en est une transformation distinguée.

Ceci posé, soient u une fonction quelconque, u_1 un autre invariant de $\{u, f\}$. On démontre aisément que le sous-faisceau commun à F_a et F_{u_1} a exactement deux transformations distinguées, $\{u, f\}$ et $\{u_1, f\}$; elles forment donc un *faisceau complet*, d'après une propriété générale des transformations distinguées d'un faisceau. On introduira un nouvel invariant u_2, de ce faisceau, et ainsi de suite. On construit ainsi une *intégrale complète* $u = a$, $u_1 = a_1, \ldots, u_m = a_m$, à m dimensions. On démontre sans peine qu'on les obtient toutes ainsi (et qu'il n'y en a pas à plus de m dimensions). Cela tient à ce que la connaissance d'une telle intégrale complète fournit pour F une forme canonique

$$(3) \qquad U_i f = \frac{\partial f}{\partial u_i} + v_i \frac{\partial f}{\partial u}, \qquad V_i f = \frac{\partial f}{\partial u_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, m).$$

2. Reste à intégrer ce faisceau (3); cela équivaut à trouver les *transformations de contact* de l'espace $(u, u_1, \ldots, u_m)$. Le crochet (2), dont l'invariance (*relative*) est manifeste d'après son origine, devient pour (3) le crochet de Poisson. On retrouve par là, bien naturellement, les principes de la théorie des transformations de contact.

J'ai à peine besoin de faire observer que l'analyse ainsi résumée donne une solution bien simple du *problème de Pfaff*, avec les intégrations minima.

J'ajoute que la méthode s'applique, quel que soit le nombre des variables, aux faisceaux de degré n dont le *faisceau dérivé* est de degré $n + 1$.

3. L'intégrale complète la plus générale $u, u_1, \ldots, u_m$, quand on lui associe les *fonctions polaires* $v_1, \ldots, v_m$, qui donnent avec elle la forme canonique (3), se déduit de l'une d'entre elles par une transformation de contact arbitraire. A ce point de vue, le problème dépend de l'intégration d'un *système automorphe* [1], dont la forme canonique est [2], ρ étant un

---

[1] E. VESSIOT, *Acta mathematica*, 28, 1904, p. 311.

[2] Il faut y adjoindre une équation complémentaire, qui s'en déduit par différentiations et éliminations; mais elle n'intervient pas pour l'intégration du système.

facteur indéterminé,

(4) $$\rho.[x_i, x_k]_{u,v} = \varphi_{i,k}(x_0, x_1, \ldots, x_n) \qquad (i, k = 0, 1, 2, \ldots, n).$$

Supposons, inversement, qu'on se donne un tel système ($n = 2m$), le déterminant des $\varphi_{i,k}$ étant symétrique gauche et de rang n. Introduisons le *crochet* défini par

(5) $$\{g, f\} = \sum_{i=0}^{n} \sum_{k=0}^{n} \varphi_{i,k} \frac{\partial g}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_k}.$$

Les conditions d'intégrabilité s'obtiennent en exprimant qu'il existe une transformation infinitésimale Zf, telle qu'on ait l'identité

(6) $$(\{\Phi, f\}, \{\Psi, f\}) \equiv \{\Phi, \Psi\} Zf \qquad (\text{mod } F),$$

le faisceau F étant maintenant défini par les $\{x_i, f\}$. Prenant alors pour inconnues les fonctions $u, u_1, \ldots, u_m, v_1, \ldots, v_m$ des variables x, on intégrera par la méthode du n° **1**, en opérant avec le crochet (5).

De tels systèmes automorphes interviennent, en particulier, dans la théorie des groupes de transformations (groupes continus finis de structure donnée).

GRAVITATION UNIVERSELLE. — *Extensions énergétiques du potentiel newtonien.* Note [1] de M. **Sauger**, présentée par M. Brillouin.

Dans une précédente Note [2] nous avons vu que l'introduction de la pesanteur de l'énergie permettait de généraliser avantageusement la loi de Newton en substituant au potentiel newtonien l'expression

$$\frac{GM}{r}\left(1 + \frac{aGM}{rc^2} + \frac{v^2}{2c^2}\right) = \frac{GM}{r}\left[1 + \frac{1}{c^2}\left(\frac{\alpha}{r} + \frac{v^2}{2}\right)\right].$$

Cette formule où l'énergie cinétique est réduite au premier terme ne convient toutefois que pour des vitesses qui ne s'approchent pas trop de celle de la lumière; et, si l'on veut l'appliquer à un rayon lumineux, il faut prendre son développement en entier, — ce qui revient à substituer mc^2 à $\frac{1}{2}mv^2$ d'où résulte pour le potentiel une valeur double de ce que donnerait la loi de Newton, — ceci en accord avec la loi d'Einstein.

---

(1) Séance du 4 janvier 1927.

(2) *Extensions énergétiques du potentiel newtonien* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 868).

En ce qui concerne les planètes dont l'excentricité est particulièrement faible, le développement ci-dessus déjà simplifié peut encore être réduit.

Admettons que l'orbite soit exactement circulaire. En pareil cas, la vitesse de la planète est égale à (1)

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}.$$

Remplaçons v par cette valeur; il vient maintenant pour expression du potentiel

$$\frac{GM}{r}\left(1 + \frac{\alpha GM}{rc^2} + \frac{GM}{2rc^2}\right) = \frac{GM}{r}\left(1 + \frac{\beta GM}{rc^2}\right).$$

Les deux termes correctifs se fondent en un seul. Nous retombons sur l'expression du potentiel quasi newtonien de M. Maillard, potentiel qui fournit l'exacte avance du périhélie de Mercure (en tenant compte cette fois de l'excentricité).

Inversement, exprimons, dans notre formule générale, le terme en $\frac{GM}{rc^2}$ en fonction de la vitesse circulaire v; après réduction, il reste

$$\frac{GM}{r}\left(1 + \gamma \frac{v^2}{c^2}\right),$$

c'est la formule de M. G. Bertrand, formule qui résout, elle aussi, l'anomalie de Mercure.

A s'en tenir au mouvement planétaire, les deux expressions sont équivalentes. Dans les deux cas, la correction apportée à la loi de Newton est de l'ordre du carré de l'observation.

---

(1) En réalité, l'orbite étant légèrement elliptique, il faudrait poser

$$v^2 = \frac{2GM}{r} - \frac{GM}{a} \qquad (a, \tfrac{1}{2} \text{ grand axe de l'ellipse}).$$

Eu égard aux approximations admises, la correction est insignifiante et, sans inconvénient, nous pouvons prendre $v^2 = \frac{GM}{r}$.

MAGNÉTISME. — *Diamagnétisme des substances mésomorphes; orientation des corps smectiques par le champ magnétique.* Note [1] de M. G. **Foëx**, transmise par M. Pierre Weiss.

M. Mauguin [2] a montré qu'un champ magnétique de quelques milliers de gauss exerce une action directrice sur les molécules des substances *nématiques*, le paraazoxyanisol par exemple. Sous l'action du champ, dans toute l'étendue de la préparation, l'axe optique devient parallèle aux lignes de force.

J'ai pu, avec L. Royer [3], mettre en évidence l'orientation d'ensemble des molécules sous l'action du champ par un procédé tout différent qui ne fait pas appel aux propriétés optiques. Dans la phase isotrope ($t > 133°$ pour le paraazoxyanisol) le coefficient d'aimantation χ_{is} est indépendant de la température. Dans la phase nématique orientée par le champ ($116° < t < 133°$) la valeur absolue du coefficient d'aimantation χ_{or}, notablement plus petit que dans la phase isotrope, diminue avec la température.

Le rapport $S = \frac{\chi_{is} - \chi_{or}}{\chi_{is}}$, qui augmente avec l'orientation des molécules et peut servir à la caractériser, croît quand la température baisse; sa plus grande valeur observable correspond à la température où se solidifie la phase nématique surfondue. Pour le paraazoxyanisol, nous avons trouvé comme valeur limite de S à 97°, S = 18,5 pour 100 environ. L'anisaldazine nous a donné des résultats analogues; pour le paraazoxyanisolphénétol la valeur limite paraît voisine de 25 pour 100 mais nous avions trop peu de substance pour faire des mesures précises.

La diminution du diamagnétisme qui se produit lorsque la substance passe de l'état isotrope à l'état nématique orienté s'explique en admettant que dans le premier de ces états les orbites électroniques responsables du diamagnétisme sont réparties au hasard tandis que dans le second elles sont en majorité dans des plans parallèles au champ. Une orbite dont le plan est parallèle au champ fournit en effet un apport moindre au diamagnétisme qu'une orbite dont le plan lui est perpendiculaire [4].

---

(1) Séance du 20 décembre 1926.

(2) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1680.

(3) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1912.

(4) Si l'action du champ sur ces grosses molécules se traduisait par une précession de Larmor, ce qui est peu vraisemblable, la théorie de Langevin leur serait applicable

Corps smectiques. — On n'avait jusqu'ici trouvé aucune action d'orientation du champ magnétique sur ces substances. J'ai étudié le paraazoxybenzoate d'éthyle dans des champs compris entre 6500 et 12600 gauss en utilisant le diamagnétisme comme critérium de l'orientation.

Si l'on ne prend aucune précaution, l'orientation par le champ ne se produit généralement pas; les actions de surface l'emportent. La phase smectique possède un coefficient d'aimantation différent de celui de la phase isotrope, souvent un peu plus grand (2 à 3 pour 100) et variable d'une expérience à l'autre. Cette différence de valeur est attribuable à une orientation partielle des molécules dans la phase smectique sous l'influence des actions superficielles (¹).

Mais si l'on fait refroidir la substance dans le champ, *de manière que le champ agisse au cours du passage de la phase isotrope à la phase smectique* l'orientation se produit se traduisant, comme pour les corps nématiques, par une diminution importante du coefficient d'aimantation. Les valeurs limites observées pour le rapport δ ont été :

H gauss	6500	10500	12600
δ pour 100	11,5	15,3	17,3

Ces nombres montrent que l'orientation devient de plus en plus complète à mesure que le champ augmente et qu'elle paraît encore assez loin de la saturation dans un champ de 12600 gauss. Le coefficient d'aimantation de la phase smectique varie peu avec la température, sa valeur absolue varie dans le même sens qu'elle.

On sait que chez les corps *nématiques* (²) la courbe de variation du diamagnétisme ne présente pas de discontinuité au passage de l'état orienté à l'état isotrope : elle rappelle les courbes de variation de l'aimantation avec la température lors de la perte du ferromagnétisme. L'azoxybenzoate d'éthyle se comporte de façon différente : le passage de l'état smectique à

et la contribution au diamagnétisme serait deux fois plus faible pour l'orbite parallèle que pour la même orbite perpendiculaire au champ. La valeur limite du rapport S serait alors 25 pour 100 si toutes les orbites contribuant effectivement au diamagnétisme pouvaient se placer dans des plans parallèles à une même droite, comme les anneaux d'une chaîne tendue. En l'absence de la précession de Larmor la variation de S pourrait être encore plus grande.

(¹) La substance est contenue dans un récipient cylindrique dont l'axe est perpendiculaire au champ.

(²) G. Foëx et L. Royer, *loc. cit.*

l'état isotrope est marqué chez lui par une discontinuité du diamagnétisme; le coefficient d'aimantation passe en effet, à température sensiblement constante (122°), de la valeur $-0,473.10^{-6}$ à la valeur $-0,548.10^{-6}$ (phase isotrope). Par l'existence de cette discontinuité les substances smectiques se rapprochent de l'état cristallin plus que les substances nématiques, ce qui vient à l'appui de la classification de ces substances établie par M. G. Friedel (¹).

SPECTROSCOPIE. — *Étude des radiations de résonance du zinc.* Note de M. **Paul Soleillet**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que, pour les métaux de la famille du zinc, les radiations dont la notation spectroscopique habituelle est $1S-2p_2$ et $1S-2P$ sont des radiations de résonance. La théorie des quanta prévoit pour chacune d'entre elles, dans les conditions ordinaires, des radiations excitées de même longueur d'onde que la radiation excitatrice.

Ponomarev et Terenin (²) ont montré que pour le zinc les raies 3076 ($1S-2p_2$) et 2139 ($1S-2P$) sont effectivement excitées par l'ensemble des raies d'arc du même métal. Je me suis proposé d'aller plus loin et de montrer que chacune des raies 3076 et 2139 excite et excite seulement des radiations de même longueur d'onde.

Ayant réussi à réaliser un arc dans le vide fonctionnant d'une façon satisfaisante, j'ai pu, grâce à une simplification du montage employé par Terenin (³) dans l'étude de la résonance de l'antimoine, effectuer la vérification indiquée. J'ai en effet éliminé la lentille qui sert à projeter l'image du tube de résonance sur la fente du spectrographe lumineux, mais peu dispersif, employé. J'obtiens ainsi un spectrogramme peu étalé dont l'interprétation est immédiate.

A titre d'essai la méthode a été également employée dans le cas du cadmium et n'a fait que confirmer les résultats connus (⁴).

(¹) *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, **18**, 1922, p. 273.
(²) Ponomarev et Terenin, *Zeits. f. Phys.*, **37**, 1926, p. 95.
(³) Terenin, *Zeits. f. Phys.*, **37**, 1926, p. 105.
(⁴) Terenin, *Zeits. f. Phys.*, **31**, 1925, p. 26.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre continu du mercure.* Note de M. H. Volkringer, présentée par M. A. Cotton.

J'ai étudié [1] la répartition de l'énergie dans la partie visible du spectre continu émis par la vapeur de mercure. Si l'on cherche à imaginer un mécanisme de formation de ce spectre, on peut concevoir [2] que l'on se trouve en présence d'un vibrateur possédant une période propre, dont l'état serait déterminé par la valeur d'un paramètre s, et qui serait écarté de sa position d'équilibre sous une influence quelconque. Si nous admettons, comme première approximation, qu'il tend à y revenir sous l'influence d'une force de liaison proportionnelle à l'écart, et qu'il est retardé par une force d'amortissement proportionnelle à la vitesse, la valeur de s en fonction du temps sera donnée par une expression de forme

$$s = e^{-kt} \sin ht.$$

Un moyen de mettre cette hypothèse à l'épreuve consiste à rechercher si la distribution de l'intensité, dans le spectre, calculée en partant de ce point de vue mathématique, correspond bien à la répartition de l'énergie observée.

Développant cette expression en intégrale de Fourier nous obtenons

$$s = \frac{1}{\pi}\int_0^\infty \frac{h\,dq}{\sqrt{(q^2-h^2-k^2)^2+4k^2q^2}} \cos\left(qt - \operatorname{arc\,tang} \frac{2kq}{q^2-h^2-k^2}\right).$$

On en déduit que l'intensité de la vibration de pulsation q serait donnée par l'expression

$$y = \frac{h^2q^2}{(q^2-h^2-k^2)^2+4k^2q^2}.$$

Posant $k^2 = a^2h^2$ et $q^2 = (1+a^2)h^2x^2$ on trouve,

$$y = \frac{1}{(1+a^2)\left(x-\frac{1}{x}\right)^2+4a^2}.$$

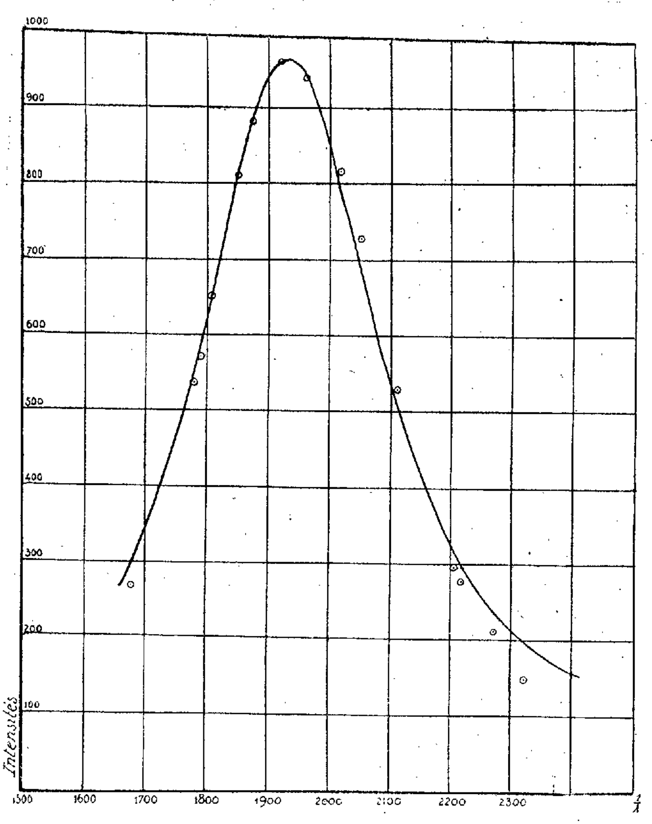
On obtient ainsi l'intensité du rayonnement en fonction de la fréquence,

---

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 780.

(2) Garbasso a déjà envisagé cette hypothèse (*Arch. de Genève*, **4**, 1897, p. 105) en vue d'expliquer le mécanisme de formation de la lumière blanche. L'idée dut être abandonnée lorsque Carvallo (*Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 79) eut montré que les déductions qu'on peut en tirer ne sont pas d'accord avec l'expérience.

et l'on peut la comparer aux résultats expérimentaux. Pour cela, sur la courbe déjà publiée, j'ai fait la transformation voulue pour obtenir la courbe des intensités en fonction des fréquences. Faisant alors coïncider les maxima des *deux courbes*, je ne disposais plus que du paramètre *a* qui a été choisi de façon à permettre la coïncidence la plus parfaite possible. La courbe ci-dessous est la courbe théorique, les points sont les points expérimentaux.



On voit que l'accord, sans être parfait, est néanmoins satisfaisant, et que les mesures expérimentales ne s'opposent pas à l'hypothèse précédente.

L'origine de ces vibrateurs peut être cherchée, comme il a déjà été proposé ([1]), dans le fait que l'atome, excité par absorption de la raie 2536, formerait un dipôle et serait susceptible de s'unir, soit à un atome neutre, soit à un atome déjà excité. Les vibrateurs seraient alors constitués par les groupements d'atomes ainsi formés.

([1]) W. GROTRIAN, *Zeits. für Phys.*, 5, 1921, p. 148.

OPTIQUE. — *Nouveaux résultats obtenus par l'expérience de Michelson.* Note [1] de MM. **A. Piccard** et **E. Stahel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Pour donner suite aux dernières publications de Miller [2] selon lesquelles l'effet d'un vent d'éther existe dans la plaine aussi bien que sur le Mount Wilson et pour compléter les résultats de nos propres expériences en ballon [3], nous avons repris les mesures avec le même appareil dans notre laboratoire de Bruxelles (50°,8 latitude nord et 4°,4 longitude est). Le vent d'éther de Miller a la valeur de 10 km/sec et une direction qui est donnée par les coordonnées astronomiques de son apex : ascension droite 262°, déclinaison +65°. Nous avons enregistré les franges d'interférence le 25 et le 29 novembre 1926 à minuit ($23^h 50^m$ à $0^h 10^m$). A ce moment la projection horizontale du vent d'éther hypothétique est maximum, soit 8,91 km/sec, l'apex de Miller se trouvant alors à 27° au-dessus de l'horizon. Ceci correspondrait dans notre appareil à un déplacement des franges de 0,0057 unité (unité = distance entre deux franges consécutives). Nous avons étudié 60 rotations entières de l'appareil, ce qui nous a donné en moyenne un déplacement de

$$0{,}0002 \pm 0{,}0007 \text{ unité,}$$

ce qui est incompatible avec le résultat de Miller.

Nous pouvons donc dire que le vent d'éther de Miller ne s'est pas manifesté dans nos observations, lesquelles, cependant, ont été faites au moment où l'apex indiqué par Miller a été près de l'horizon.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'allotropie de l'étain.* Note [4] de MM. **A. Travers** et **Houot**, présentée par M. Léon Guillet.

On a décrit trois variétés allotropiques de l'étain :

1° L'étain rhomboédrique, de densité 6,55;

2° L'étain quadratique, étain blanc ordinaire, de densité 7,28;

3° L'étain gris, de densité 5,8.

---

(1) Séance du 10 janvier 1927.

(2) *Science*, **63**, 30 avril 1926, p. 433.

(3) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 420.

(4) Séance du 27 décembre 1926.

La transformation de l'étain quadratique en étain gris a été étudiée avec beaucoup de soin et de succès par M. Cohen (1). L'existence de la variété rhomboédrique, la température de sa transformation en variété quadratique, ont soulevé au contraire des controverses assez nombreuses.

Treschmann (2) a signalé le premier cette variété rhomboédrique en 1880. Rammelsberg (3) a contesté ces résultats et incriminé les impuretés du métal utilisé; von Foullon et, après lui, Cobenzl (4) ont prétendu l'obtenir à partir de l'étain pur.

En 1903, Tammann (5), étudiant la vitesse de « fluage » des métaux sous pression, a trouvé que, pour l'étain, cette vitesse présentait une discontinuité, pour une pression de 500 kg-cm², entre les températures de 193°,5 et 203°,8 : il a attribué cette anomalie à l'existence d'une variété allotropique.

Cohen (6), frappé des divergences de mesures de densité de l'étain quadratique, reprit en 1905 ces mesures de densité, et y ajouta des essais dilatométriques (dilatomètre à huile); il obtint des courbes de dilatation ne présentant aucune discontinuité. Degens (7), reprenant les mêmes expériences en 1909, signala au contraire que *certains* échantillons d'étain lui donnaient des anomalies dilatométriques, au voisinage de 165°-167°, mais *que le phénomène ne s'obtenait pas toujours*.

Nous nous sommes proposé de reprendre cette question. Des mesures dilatométriques à l'appareil Chevenard, sur des échantillons dont, à cette époque, nous n'avions pas noté entièrement l'histoire thermique, nous avaient donné, *dans certains cas seulement*, une brisure dans la courbe, au voisinage de 165°, conformément aux expériences de Degens.

Il était intéressant de contrôler l'anomalie observée par une autre méthode. Nous avons songé à la méthode calorimétrique employée par Pionchon (8) dans l'étude du fer, du nickel, etc., par Laschtschenko (9)

---

(1) *Zeit. für phys. Chem.*, **30**, 1899, p. 602; **33**, 1900, p. 57.
(2) *Mineralog. magazine and Jl of the Mineral.*, **3**, 1880, p. 186.
(3) *Berl. Akad. Berichte*, **13**, 1880, p. 225,
(4) *Zeit. für phys. Chem.*, **50**, 1905, p. 226.
(5) *Drud. Ann.*, **10**, 1903, p. 647, et *Zeit. für anorg. Chem.*, **40**, 1904, p. 54.
(6) *Zeit. phys. Chem.*, **18**, 1895, p. 214, et *Rev. Met.*, **7**, 1910, p. 240.
(7) *Rev. Met.*, **7**, 1910, p. 245.
(8) *Ann. Phys. et Chimie*, 6e série, **11**, 1887, p. 33.
(9) *J. Russ. phys. Chim.*, **45**, 1913, p. 552.

dans celle du zinc, plus récemment par Mondain-Monval (1) dans l'étude du soufre. Le détail de nos expériences sera décrit dans un autre Recueil; nous donnerons seulement ici nos résultats :

La courbe $[Q_{t_0}^t, t]$, $Q_{t_0}^t$ représentant la chaleur abandonnée par l'échantillon de poids constant, de t degrés à t_0, t la température variable à laquelle il est porté, présente *dans certains cas* une discontinuité *très nette* au voisinage de 170°-171°; mais contrairement à Degens, nous croyons pouvoir donner une raison des irrégularités qu'il avait observées :

L'histoire thermique antérieure du métal après fusion joue un rôle essentiel dans l'apparition de l'anomalie.

a. Les échantillons chauffés vers 350° *pendant quelques minutes*, puis coulés en coquille, ne manifestent aucune discontinuité dans la courbe calorimétrique.

b. Les échantillons maintenus à 500° pendant 2 heures, puis coulés en coquille, donnent une courbe calorimétrique avec une *brisure* nette à 170°-171°.

c. La brisure s'accentue et les deux portions de courbe correspondantes se séparent par un *palier*, parallèle à l'axe $Q_{t_0}^t$, soit quand on augmente la durée de chauffe à 500° (47 heures), soit quand on élève davantage la température (800°) avec une durée de séjour d'un certain nombre d'heures à cette température, les conditions de coulée restant les mêmes.

d. Au contraire le maintien des échantillons *solides* à la température de 190° n'entraîne aucune brisure de la courbe calorimétrique, malgré un séjour de 52 heures à 190°.

e. La teneur en impuretés de l'étain ne paraît pas avoir non plus d'influence. Nos essais ont donné des résultats identiques avec des étains Banka (0,1 et 0,2 de Pb, traces de Cu) et des étains commerciaux (0,6 de Pb, 0.1 Cu, traces de fer), ayant la même histoire thermique.

Nous pensons que l'irrégularité des résultats précédemment publiés tient à une histoire thermique différente des métaux utilisés, histoire que les divers auteurs cités n'ont pas précisée.

La transformation observée est d'ailleurs accompagnée d'un crépitement caractéristique, bien plus fort que le cri de l'étain, et qui ne se produit pas, s'il n'y a pas de discontinuité dans la courbe calorimétrique.

Ces expériences montrent une fois de plus l'importance de la connais-

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **39**, **40**, 1926, p. 1352.

sance de l'histoire thermique d'un métal, dans l'étude de ses propriétés; mais on peut être surpris que l'histoire thermique du métal *fondu* ait une répercussion sur ses propriétés à l'état *solide*. Le phénomène est certainement digne de remarque; des faits de même nature ont été signalés cependant par Gernez [1] dans ses magnifiques travaux sur le soufre :

« Lorsqu'on élève sa température, il peut éprouver des transformations qui mettent un certain temps à se développer, qui ne disparaissent pas entièrement lorsqu'on ramène le liquide aux conditions initiales, et peuvent être manifestées longtemps après, comme si dans la première phase de l'opération, le liquide prenait de la chaleur qu'il n'abandonne que partiellement dans la deuxième phase. »

On peut se demander quelle est la signification exacte de la transformation observée; pour l'instant nous ne donnerons aucune interprétation, et relatons seulement le fait expérimental extrêmement net.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la constitution des dérivés organo-magnésiens.* Note de MM. **A. Job** et **M. Dubien**, présentée par M. J. Perrin.

La formule des organo-magnésiens a été récemment remise en question par M. P. Jolibois [2] à propos d'un travail de M. Terentjew [3]. Cet auteur a fait des mesures ébullioscopiques qui paraissent très soignées et il trouve qu'au sein de l'éther chaque molécule de magnésien ou de son éthérate contient le complexe $R^2Mg^2I^2$. Nous avions d'autre part fait l'étude cinétique de la réaction

$$C^2H^5MgBr + C^2H^5Br \rightarrow C^2H^4 + C^2H^6 + MgBr^2.$$

Quand le magnésien est en excès [4], l'étude chronométrique indique que les molécules de bromure d'éthyle viennent une à une à la réaction et ceci nous avait semblé un argument en faveur de la formule simple RMgBr opposée à la formule double $R^2Mg^2Br^2$. Si les mesures de M. Terentjew sont exactes il y a là une interprétation imprudente puisque nous négligeons la probabilité d'une réaction par étapes. Mais M. P. Jolibois dans sa Note conteste la validité même de notre méthode. D'après un passage du *Traité*

---

(1) Gernez, *Comptes rendus*, **96**, 1883, p. 1383; **97**, 1883, p. 1301.

(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 971.

(3) *Zeitschrift für anorganische Chemie*, **156**, 1926, p. 73.

(4) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **39**, 1926, p. 583.

de Chimie générale de Nernst (2e édition, 2, p. 140), il croit en effet que le fait seul d'employer un excès de l'un des réactifs conduit nécessairement à une allure monomoléculaire et par suite ne donne aucune indication sur l'ordre de la réaction. Nous ne sommes pas de cet avis, puisque l'étude cinétique en présence d'un excès de réactif est précisément la méthode de discrimination préconisée par Ostwald et qu'elle a été employée maintes fois avec succès dans des cas où l'ordre de la réaction est apparu égal à 2 ou même à 3. Un exemple classique ([1]) est celui de la réaction d'un ferricyanure sur l'iodure de potassium étudié par Donnan et Le Rossignol (*Chemical Society*, 83, 1903, p. 703-716). En présence d'un excès du réactif opposé la réaction paraît trimoléculaire pour les ions iode, et bimoléculaire pour les ions ferricyanogène. Un autre reproche que nous fait M. P. Jolibois c'est d'avoir opéré en milieu hétérogène. Nous catalysions la réaction au moyen d'une trace de chlorure ferrique et M. Jolibois croit qu'il en résulte une apparition de fer à l'état solide. Or, dans les conditions où nous avons opéré, la solution reste claire. Il est vrai qu'il y a un dégagement gazeux mais l'éthane et l'éthylène se dégagent tranquillement à la température de l'expérience (ébullition de l'éther) dans des conditions bien constantes et, pas plus que les petites bulles d'éther, elles ne changent de façon appréciable au cours de la réaction la concentration moyenne dans le liquide. D'ailleurs nous avons fait varier la concentration du catalyseur sans que l'ordre de la réaction paraisse changer.

M. Jolibois voit dans les résultats de M. Terentjew un argument en faveur de la formule de constitution $MgR^2 MgBr^2$, qu'il admet lui même, et il croit qu'il faut renoncer définitivement à la formule de constitution RMgBr. Il est bien évident que la question n'est pas du tout tranchée et que les résultats de M. Terentjew s'accorderaient très bien avec une constitution où deux molécules RMgBr seraient liées entre elles par deux molécules d'éther. Au demeurant, pourquoi ne pas admettre que la forme supposée par M. Jolibois existe dans le domaine de température et de concentration où il a opéré pour observer la décomposition pyrogénée du magnésien? Et pourquoi ne pas admettre en même temps qu'aux températures et aux concentrations où le réactif de Grignard est employé d'ordinaire, la constitution est bien

---

([1]) Voir aussi Benson, *Journ. Phys. Chem.*, 7, 1903, p. 1. — Bray, *Journ. Phys. Chem.*, 7, 1903, p. 92. — Forster, *Journ. Phys. Chem.*, 7, 1903, p. 640. — Price, *Zeit. f. Phys. Chem.*, 27, 1898, p. 481.

RMgBr (¹) telle qu'elle a paru s'imposer à M. Grignard lui-même pour expliquer tout l'ensemble des réactions des magnésiens en chimie organique?

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Un enregistreur de la fréquence des atmosphériques; son utilisation en météorologie.* Note de MM. **R. Bureau**, **A. Viaut** et **A. Gret**, présentée par M. G. Ferrié.

La fréquence des parasites atmosphériques dont l'intensité dépasse un niveau déterminé est un des éléments qui caractérisent le mieux ces phénomènes. Nous avons réalisé un appareil enregistreur qui trace une courbe dont l'ordonnée est proportionnelle à cette fréquence. Le principe de l'enregistreur est le suivant : un appareil radiotélégraphique récepteur suivi d'un relais capte les parasites atmosphériques. Le tout est réglé pour que le relais fonctionne à chaque parasite reçu et envoie alors un courant dans l'électro-aimant d'un anémocinémographe Richard. L'anémocinémographe Richard trace une courbe dont l'ordonnée est proportionnelle à la fréquence des contacts électriques ainsi provoqués. Cet appareil est normalement utilisé pour l'enregistrement de la vitesse du vent. Mais en fait c'est un enregistreur de fréquence. Il convient donc parfaitement au but que nous nous étions proposé (²).

Les enregistrements analysés ci-après ont été assurés sur des longueurs d'onde variant entre 900^m et 1700^m. L'appareil récepteur était un superhétérodyne assez sensible pour obéir même à des atmosphériques assez faibles pour ne pas gêner la lecture télégraphique de postes peu puissants.

Cet appareil nous a permis de rassembler un grand nombre de courbes depuis le mois d'août jusqu'au mois de décembre 1926, correspondant aux

---

(¹) Nous voulons dire RMgBr + éther ou bien $\left[\mathrm{RMgBr}{<}^{\text{Éther}}_{\text{Éther}}{>}\mathrm{RMgBr}\right]$. D'ailleurs M. Grignard et M. Blaise avaient fait autrefois des déterminations ébullioscopiques et trouvé des molécules doubles. Ils n'avaient pas pour cela renoncé à la formule RMgBr. Ajoutons que pour les zinciques, A. Job et René Reich ont donné un argument chimique très sérieux en faveur de la formule RZnI (*Bull. Soc. chim.*, 33, 1923. *Action des magnésiens sur les zinciques*).

(²) Le premier appareil enregistreur de ce genre, dû à la collaboration de MM. Mesny et Bureau avait été essayé à Meudon en août 1925. Il avait été signalé dans le rapport du secrétaire général du Comité français de radiotélégraphie scientifique le 10 novembre 1925.

situations les plus diverses au point de vue des parasites atmosphériques comme à celui des phénomènes météorologiques. L'examen de ces courbes fournit des renseignements très précis sur les variations du phénomène. C'est surtout leur analyse détaillée, conduite parallèlement avec celle des diagrammes et des phénomènes météorologiques, qui s'est révélée très fructueuse.

Elle montre une relation des plus étroites entre le passage des discontinuités météorologiques et l'évolution des parasites atmosphériques. Nous n'avons trouvé aucun cas, pas plus dans les mois d'été que dans ceux d'automne, où cette dernière ne soit en liaison étroite, *à chaque instant*, avec des phénomènes météorologiques survenant *au même moment* au poste de réception. Nous n'avons pu déceler le moindre décalage entre les variations de la fréquence des atmosphériques et le passage des discontinuités qui les provoquent.

Dans la journée du 8 août 1926 par exemple, on assista à Paris au passage successif de plusieurs fronts froids secondaires assez affaiblis. Les derniers mêmes ne se révélèrent plus que sur les enregistreurs, le ciel ayant pris l'aspect d'intervalle (Cu simplex) après un aspect de traîne (Cu compositus-ondées), dans la matinée. Le passage de chacun des fronts froids secondaires fut indiqué franchement par une recrudescence de la courbe de fréquence des atmosphériques au moment même des crochets de grain. Entre deux de ces passages de grains on observa du Mont-Valérien des éclairs avec tonnerre au Sud-Ouest : à ce moment la courbe de fréquence des atmosphériques était à son minimum et ne marqua pas de recrudescence.

Cet exemple n'est nullement un cas isolé. Cette étroite parenté des atmosphériques et des discontinuités s'observe sur les 960 heures d'enregistrement que nous avons déjà soumises à l'examen.

Deux conclusions peuvent être tirées de cette parenté :

1° Un très grand nombre de parasites atmosphériques a sa source dans les propriétés physiques de l'air *immédiatement* voisin du poste T. S. F. récepteur ;

2° L'enregistrement de la fréquence des atmosphériques est un des moyens d'analyse les plus puissants de la structure détaillée des discontinuités météorologiques et en particulier des discontinuités de fronds froids principaux et secondaires.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur un phénomène sonore perçu pendant une aurore polaire très intense.* Note de M. **Hans Jelstrup**, présentée par M. G. Ferrié.

Dans la nuit du 15 octobre dernier, pendant que j'exécutais des observations astronomiques et radiotélégraphiques pour l'Opération internationale des Longitudes (octobre-novembre 1926), avec la collaboration de M. G. Jelstrup, j'ai pu observer quelques phénomènes singuliers accompagnant une splendide aurore polaire.

La station d'observation était située sur une colline nommée Voxenaasen près d'Oslo (altitude 470^m environ).

Pendant une interruption des observations astronomiques à $19^h 15^m$ (temps civil de Greenwich), l'aurore paraissait atteindre son maximum d'intensité.

Jaune verdâtre, en éventail, l'aurore ondulait de haut en bas depuis le zénith et en même temps nous remarquâmes, mon assistant et moi, *un léger son sifflant extrêmement curieux avec une modulation distincte, qui semblait suivre exactement les vibrations de l'aurore.*

Nous entendîmes ce son, croissant et décroissant par instants, pendant les 10 minutes que nous avions à notre disposition avant la continuation des observations astronomiques.

De $20^h 1^m$ à $20^h 6^m$ (temps civil de Greenwich), nous enregistrâmes les signaux horaires de Bordeaux, et en même temps s'inscrivirent des signaux parasites dus à l'aurore polaire.

Ces signaux parasites étaient d'une intensité variable et leur situation, dans le temps, était évidemment très bien déterminée, puisqu'ils étaient inscrits sur le même enregistrement que les signaux horaires.

La durée des signaux les plus intenses est donnée par le tableau suivant :

Numéros.	Heures (T. M. G.).	Durée.
	h m s	s
1	20.4.28,60	0,08
2	20.4.29,49	0,10
3	20.4.39,90	0,25
4	20.4.40,50	0,25

La composante verticale, correspondant à chacun de ces signaux parasites, était certainement supérieure à 100 microvolts : mètre.

Quand, après réception des signaux horaires, nous sortîmes de nouveau

de l'Observatoire, le son curieux avait entièrement cessé et, plus tard dans la nuit quand l'aurore eut disparu, nous remarquâmes que les signaux parasites et perturbations de tous genres avaient aussi complètement cessé.

Il est à remarquer que, pendant l'existence du son occasionné par l'aurore polaire, le temps était absolument calme.

Notre antenne était constituée par cinq fils de 40^m chacun. Le récepteur radiotélégraphique était composé d'un résonateur à trois circuits, deux haute fréquence, un modulateur, une hétérodyne, quatre basse fréquence suivis d'un relais et d'un chronographe.

M. Carl Störmer a observé cette même aurore et ses pulsations et publiera l'étude qu'il en a faite.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les dépôts houillers des vallées de l'Aveyron et du Lot sont-ils synchroniques?* Note de M. **A. Loubière**, présentée par M. Costantin.

Depuis longtemps, on a été porté à penser qu'il existait une liaison souterraine entre les dépôts houillers distribués sur les rives de l'Aveyron et du Lot. Leur disposition est telle qu'on a été conduit à les considérer comme étant les bords d'un bassin carbonifère unique, limité, au Nord et au Sud, par les montagnes d'Aubrac et des Palanges, depuis Sévérac et Sainte-Eulalie jusqu'aux environs de Rodez et d'Espalion.

J'ai déjà montré [1] que la couche houillère moyenne, la plus importante de la vallée de l'Aveyron, exploitée à Gages, correspondait au Stéphanien moyen.

L'âge du dépôt houiller situé sur le versant gauche de la vallée du Lot est resté, jusqu'à présent, incertain. Dans cette zone carbonifère est ouverte l'exploitation du Pouget, la seule susceptible d'être explorée. J'ai pu y recueillir une série d'échantillons provenant soit du toit, soit du mur de la couche n° 2 (niveau 476^m), qui semblerait être le prolongement de la couche moyenne de Gages. Voici résumés les résultats que m'a fourni l'examen de ces plantes fossiles.

La flore du toit est constituée principalement par des Sigillaires à côtes cannelées, parmi lesquelles j'ai pu reconnaître : *Sigillaria elongata*,

---

(1) A. Loubière, *Sur la flore et le niveau relatif de la couche houillère moyenne de Gages* (Aveyron) (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 710).

S. cyclostigma, *S. tessellata*; tous ces débris sont mêlés à des tronçons d'autres Sigillaires, non déterminables spécifiquement. Le tout est accompagné de nombreux spécimens de *Stigmaria ficoides*. Ces Sigillaires, la plupart carbonisées et très abondantes, semblent avoir joué un rôle prépondérant dans la végétation. C'est là une particularité assez intéressante qu'il y a lieu de noter; car, ici, de même qu'à Rive-de-Gier et dans l'Europe centrale, les Sigillaires ont contribué, pour une large part, à la formation de la houille.

La flore du mur, plus opulente, se montre dans les schistes et dans les grès micacés. Elle comprend : de nombreuses feuilles de Cordaites appartenant à quatre espèces : *Cordaites borassifolius*, *C. angulostriatus*, *C. principalis* et *C. lingulatus*, qui est presque toujours envahie par un microphyte appelé *Hysterites Cordaitis*; des Calamariacées représentées seulement par *Annularia stellata* avec ses épis fructifères connus sous le nom de *Calamostachys tuberculata*; de rares Névroptéridées et Odontoptéridées réduites à quelques pinnules de *Nevropteris flexuosa* et à quelques pennes d'*Odontopteris Reichiana*; des Aléthoptéridées variées avec *Alethopteris aquilina*, très abondant, *A. Grandini*, assez rare et associé à *Pachytesta gigantea*, *Callipteridium pteridium*; parmi les Marattiacées, je mentionnerai par ordre de fréquence : *Asterotheca arborescens*, *Ptychocarpus unita*, *Scolecopteris polymorpha*, *Asterotheca oreopteridia*; en fait de graines, je signalerai : *Cordaicarpus Cordai*, *Carpolithes minimus*, *C. membranaceus*, *C. ellipticus*; comme formes filicoïdes, je citerai : *Pecopteris Cisti*, assez fréquent, *Pecopteris alethopteroides* et *Pecopteris* sp.

Quelle est la signification de l'ensemble de cette flore? Elle renferme, sans doute, des types qui ne sont pas de nature à fixer l'âge d'un horizon, tels que *Callipteridium pteridium*, *Annularia stellata*, *Ptychocarpus unita*, qui présentent, surtout ce dernier, une grande extension verticale. Mais elle comprend certaines espèces qui donnent des indications instructives. Il convient d'abord de signaler la présence de plantes d'âge relativement ancien qui apparaissent dans le Westphalien et qui ne s'élèvent pas plus haut que dans le Stéphanien inférieur. C'est le cas notamment pour *Sigillaria elongata*, *Nevropteris flexuosa*, etc. Il y a ensuite lieu de remarquer la fréquence de *Pecopteris Cisti* et surtout d'*Alethopteris aquilina*, qui paraissent cantonnées vers la base du Houiller supérieur.

Tous ces caractères, joints à l'abondance des Sigillaires avec leur rhizome, à l'absence des Dictyoptéridées, à la rareté relative d'*Alethopteris Grandini* et d'*Odontopteris Reichiana*, différencient profondément cette flore

de celle de Gages. Ils permettent de conclure que la formation houillère de la vallée du Lot s'est produite vers le début de la période stéphanienne. Il n'est donc pas possible de la synchroniser avec celle de la vallée de l'Aveyron. L'une et l'autre paraissent avoir une existence indépendante.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la déchéance physiologique des plastes amylifères dans les cotylédons des légumineuses.* Note de M. A. Maige, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai montré antérieurement que l'écorce plastidale doit être présumée comme ayant disparu ou ayant perdu toute activité physiologique dans les grains d'amidon non verdissants des cotylédons de légumineuses (en germination) qui subissent une digestion interne active et continue aboutissant à leur dissolution. Cette interprétation est confirmée par l'expérience suivante :

Si l'on examine les hypocotyles de Pois à grain ridé prélevés sur des graines sèches et mis à germer sur du buvard humide, on constate que les cellules périphériques sont bourrées de grains d'amidon ayant tous subi une indigestion interne active et soit pourvus d'une large fente latérale d'érosion, soit corrodés et digérés en partie à la périphérie, soit enfin digérés partiellement dans toute leur masse uniformément ou par plages et sillonnés ou non de fentes. Les cellules internes renferment, outre quelques grains des types précédents, des grains plus petits de coloration uniformément foncée (par l'iode) et de forme généralement arrondie, ayant subi exclusivement une digestion périphérique pendant la maturation de la graine. Or ces derniers présentent une réaction amylogène normale soit au cours de la germination de la graine, soit par l'action sur l'hypocotyle d'une solution de glucose à 5 pour 100, tandis que les premiers ne présentent aucune réaction, ce qui confirme bien l'opinion précitée au sujet de leur écorce plastidale.

Des phénomènes de digestion interne semblables aux précédents peuvent s'observer dans les cotylédons des autres légumineuses (Haricot d'Espagne, Haricot commun, Pois à grain rond, Fève, Lentille) à des moments plus ou moins avancés de la germination et variables suivant les grains.

C'est ainsi que dans le Haricot commun par exemple, les grains d'amidon des assises voisines des faisceaux se conservent avec les petites fentes du début de l'hydrolyse pendant très longtemps alors que ceux des autres

cellules peuvent avoir disparu. Faut-il considérer ces grains comme ayant gardé une écorce plastidale active jusqu'au moment de leur érosion ou dislocation tardive ? J'ai étudié la question en utilisant, pour la germination, les graines fraîches chez lesquelles le stroma plastidal est susceptible de se révéler par le verdissement. Ce phénomène est plus accentué chez les graines qui ont mûri avant que leur contenu ait atteint son évolution amylogène complète ; il s'effectue avec épaississement du stroma des anciens plastes et apparition de nouveaux plastes verts très nombreux se faisant à un taux de sucre inférieur au seuil de condensation. Dans certains cotylédons, où il était très accusé, il avait atteint dans la partie voisine de l'insertion toutes les cellules et tous les anciens plastes, et il en était de même vers l'extrémité opposée, à l'exception d'un certain nombre de cellules situées soit entre les faisceaux, soit entre ceux-ci et l'épiderme, qui ne présentaient que des plastes verts de seconde génération rares ou nuls, et dont les anciens plastes n'avaient ni verdi ni épaissi leur stroma. Or tous les grains d'amidon de ces cellules incolores présentaient une forte digestion interne se poursuivant sans arrêt tandis que tous les autres à stroma vert montraient la digestion périphérique. Dans les rares cellules vertes où il était possible de distinguer un ou deux grains à digestion interne à côté des autres à digestion périphérique, les premiers étaient dépourvus du stroma vert que possédaient les seconds.

L'existence d'une digestion interne se poursuivant sans interruption, accompagnée de la perte de la faculté de verdir, semble donc corrélative de la déchéance définitive du stroma plastidal.

Lorsque la digestion interne s'arrête, ce qui se produit dans les assises voisines de l'épiderme et des faisceaux des cotylédons issus de graines adultes, où les plastes après avoir présenté les fentes de digestion interne du début de l'hydrolyse verdissent lors de la germination des cotylédons frais, en réacquérant la digestion périphérique, la défaillance physiologique n'est que temporaire.

Dans les cotylédons germés issus de graines sèches, les processus de digestion de l'amidon sont les mêmes que dans les assises de cellules correspondantes de graines fraîches, mais les anciens plastes amylifères, qui se conservent avec digestion interne réduite aux premières fentes, ne verdissent pas. Le verdissement beaucoup plus accusé des cellules qui les renferment est dû ici exclusivement aux plastes amylogènes de deuxième génération. Il est logique de supposer que ces anciens plastes ont gardé, comme dans les graines fraîches, une écorce physiologiquement

active, tandis que ceux des cellules où la digestion interne se produit rapidement ont subi une déchéance définitive.

En résumé il y a lieu d'admettre que dans les cotylédons de Haricot, et la similitude des phénomènes permet d'étendre le fait aux autres légumineuses, tout ancien plaste amylifère, qui demeure incolore pendant la germination, conserve une écorce plastidale physiologiquement active tant qu'il garde l'intégrité de son contour et ne présente aucune manifestation de digestion interne continue.

Le début de l'hydrolyse dans les graines adultes est marqué par une défaillance physiologique des plastes amylifères, qui se traduit par l'apparition de fentes de digestion interne mais cette défaillance a un caractère de durée variable; elle peut être, suivant les plastes, passagère ou définitive.

GÉNÉTIQUE. — *Variations du nombre des chromosomes chez quelques Solanées.* Note de MM. **Roger de Vilmorin** et **Marc Simonet**, présentée par M. Guignard.

La présente Note a pour objet de faire connaître le nombre des chromosomes qui existent dans les noyaux haploïdes du pollen chez différents genres de Solanées.

Après l'essai de diverses techniques, nous avons adopté, pour la numération des chromosomes, la méthode de coloration du contenu des cellules mères des grains de pollen au carmin acéto-ferrique (méthode mise au point par Belling en 1923), qui nous a permis d'obtenir de très belles préparations.

Les résultats numériques que nous avons obtenus, dans les *Nicotiana*, confirment et complètent, pour les espèces suivantes, les travaux de Goodspeed et Clausen parus entre 1923 et 1925 :

$n = 12$, *Nicotiana acuminata*, Hook; *N. glutinosa*, L.; *N. paniculata*, L.; *N. sylvestris*, Sp. et Com.
$n = 24$, N. *rustica*, L.; *N. Tabacum*, L. (d'accord avec White, 1913).

En outre, nous avons trouvé :

$n = 9$, *N. cerinthoides*, Vitn.; *N. noctiflora*, Hook.
$n = 9$-10, *N. alata*, Link. (*N. affinis*); *N. Forgetiana*, Hort.; *N. Sanderæ*, Hort.

Les difficultés d'examen de ces dernières espèces, dont plusieurs sont

hybrides, ont été également rencontrées par Goodspeed qui indique, pour *N. alata*, $n = 8\text{-}10$.

$n = 24$, *N. petiolaris*, Schecht.; *N. solanifolia*, Walp.; *N. Tabacum*, L.; variétés *angustifolia*, Mill., *fruticosa*, L. et *sanguinea*, Hort.; *N. trigonophylla*, Dun.

Le nombre de base chez les Solanées paraît être 12. Nous l'avons encore trouvé dans les espèces suivantes : *Capsicum annuum*, L. var. Hort.; *Datura fastuosa*, L.; *Datura meteloides*, D. C.; *Salpichroa rhomboidea*, Niers.

Il existe avec son multiple 24 (12×2) dans le genre *Physalis :*

$n = 12$, *P. Alkekengi*, L.; *P. pubescens*, L.
$n = 24$, *P. peruviana*, Mill.

La valeur 36 (12×3) a été trouvée chez *Atropa Belladona*, L. (d'accord avec E. Marchal, 1920), et *Hyoscyamus canadensis*, Hort.

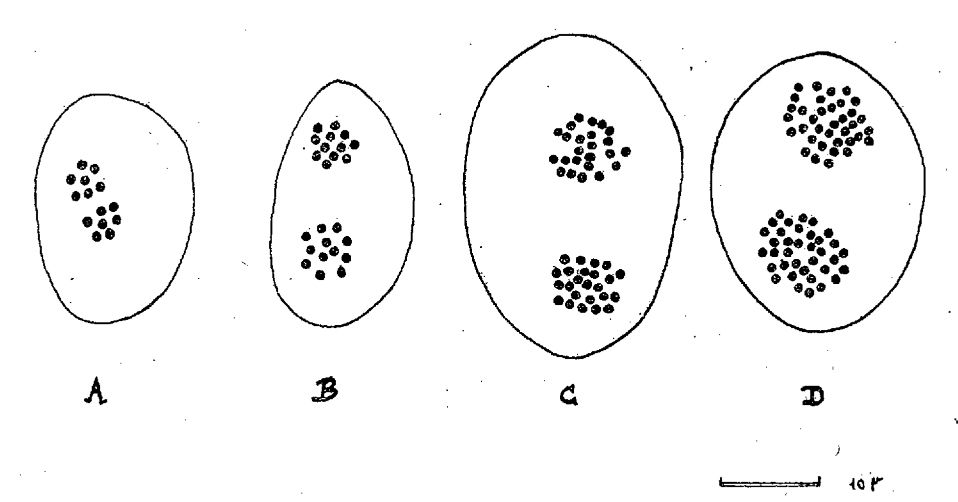
Dans le genre *Solanum*, le nombre 12 se rencontre avec ses multiples 24 et 36.

$n = 12$, *S. Caldasii*, Humb. et Bonyl; *S. glaucum*, Dun.; *S. gracile*, Otto; *S. Fontesianum*, Dun.; *S. heterodoxum*, Dun.; *S. integrifolium*, Poir.; *S. Jamesii*, Torr.; *S. jasminoides*, Paxt.; *S. Lycopersicum*, L. (d'accord avec Winkler, 1910-16; East, 1915; Lesley et Mann, 1925); *S. macrophyllum*, Hort.; *S. marginatum*, Lin. f.; *S. Melongena*, L. (d'accord avec Kogima, 1925); *S. muricatum*, Ait.; *S. ovigerum*, Dun.; *S. pseudo-Maglia*, Hort.; *S. pyracanthum*, Jacq.; *S. sisymbriifolium*, Lam.
$n = 24$, *S. laciniatum*, Ait.; *S. tuberosum*, L. var. (semis non nommé); *S. villosum*, Moench.
$n = 36$, *S. nigrum*, L. (d'accord avec Winkler, 1910).

Les nombres suivants ont déjà été indiqués pour *S. tuberosum* : $n = 33\text{-}34$, par Martins Mano, 1905; $n = 36$, par Nemec, 1899; $n = 14\text{-}16$, par Young, 1923; $n = 36$, par Lutman, 1925. La variabilité mise en évidence par ces chiffres très différents semble montrer combien la valeur spécifique de la Pomme de terre est complexe et encore mal connue.

Exceptionnellement, le nombre 7 de chromosomes a été rencontré dans *Petunia violacea* hyb. var. à grande fleur bleu d'acier, Hort., et son multiple 14 (7×2) dans *Petunia violacea* hyb. var. *superbissima*, Hort. Cette dernière variété est à très grandes fleurs, ce qui confirme l'opinion de nombreux généticistes sur la relation entre la taille des organes végétatifs et floraux et le nombre double de chromosomes.

Comme conclusion, nous pouvons dire que la valeur 12 pour le nombre des chromosomes est typique dans les Solanées (phases de réduction); beaucoup diffèrent par sa simple multiplication par 2 ou par 3; nous en avons



A. *Petunia violacea* hyb. « bleu d'acier », métaphase Hom. — B. *Solanum Caldasii* Hum. et Bonyl, métaphase Hom. — C. *Solanum villosum* Moench, métaphase Hom. — D. *Solanum nigrum* L. metaphase Hom.

Objectif Zeiss. imm. homog. 100 ($\frac{1}{12}$ Fl) 1, 3, oc. Huyg. 10 ×.

donné des exemples. De plus le nombre 7 se rencontre avec son multiple direct chez les *Petunia*. En ce qui concerne les *Nicotiana*, nos résultats viennent à l'appui de ceux obtenus par Goodspeed, avec qui nous restons dans l'indécision pour attribuer un nombre déterminé de chromosomes à *Nicotiana alata*.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Loi quantitative de la dépense azotée minima.* Note de M. **Emile-F. Terroine** et Mlle **Hélène Mattei**, présentée par M. Henneguy.

L'un de nous (¹) a précédemment formulé l'hypothèse que, si le métabolisme endogène des protides est la conséquence de l'usure des tissus, cette usure étant évidemment en rapport avec l'intensité de leur fonctionnement, il devra être d'autant plus important que le métabolisme énergétique est plus considérable. En faveur de cette manière de voir il apportait un pre-

(¹) Terroine et Garot, *Arch. int. Physiol.*, 27, 1926, p. 69-85.

mier élément de preuve : l'excrétion de créatinine, dont on a fait un témoin du métabolisme endogène, rapportée au kilogramme d'animal, et mesurée sur les représentants les plus variés de la série des homéothermes, s'accroît régulièrement lorsqu'on passe d'un animal de taille élevée (Vache) à un animal de petite taille (Rat).

Nous nous sommes demandé s'il n'était pas possible d'aller plus loin, d'établir une relation précise entre la grandeur de la dépense azotée et l'intensité de la calorification.

Dans ce but, chez des sujets adultes appartenant à des espèces de tailles très différentes, nous avons tout d'abord déterminé la dépense azotée minima en les nourrissant avec une alimentation sans protides mais complète par ailleurs (amidon, huile de foie de morue, extrait de malt, jus de citron, mélange salin). Puis, nous servant de données encore inédites acquises par Terroine et Mlle Trautmann sur la valeur de la calorification au niveau de la neutralité thermique, nous avons calculé le rapport de la dépense azotée minima à la production calorique minima, les deux valeurs étant rapportées au kilogramme-heure. Pour deux espèces nous avons eu, en outre, la chance de trouver des données ne prêtant à aucune critique et permettant le même calcul : pour le Chien, calorification d'après L. Hédon et dépense azotée d'après Zeller; pour l'Homme les deux grandeurs ont été simultanément acquises dans une récente et très minutieuse étude de Millard Smith.

On trouvera ci-dessous et les valeurs moyennes des mesures et celles du rapport :

Espèce.	A. Dépense azotée minima par kg-heure.	B. Production calor. à la neutr. therm. par kg-heure.	Rapport $\frac{A}{B} \times 1000$.
	g	cal	
Souris	0,03488	12,0	2,90
Rat	0,01884	7,8	2,41
Pigeon	0,01549	6,5	2,38
Poule	0,0100	4,6	2,17
Lapin	0,00893	3,4	2,62
Chien	0,0067	2,32	2,80
Homme	0,00217	0,933	2,32

Si l'on veut bien tenir compte des difficultés expérimentales que comporte toujours, et particulièrement chez les petits animaux, la détermination rigoureuse de la dépense azotée endogène, on voudra bien reconnaître qu'une conclusion extrêmement précise se dégage du tableau ci-dessus : à savoir, une remarquable proportionnalité entre la grandeur

de la dépense azotée et l'intensité du métabolisme énergétique; le même rapport s'observe en effet à travers toute la série des homéothermes et cela pour des variations de production calorique allant de 1 à 12.

Il resterait à dégager de cette constatation de nombreuses conséquences, tout particulièrement en ce qui concerne la domination qu'exerce la loi des surfaces sur toute la physiologie des homéothermes.

Pour le moment, nous nous contenterons d'énoncer, comme conclusion, la loi quantitative suivante, à validité interspécifique :

Dans toute la série des homéothermes, la dépense azotée minima de l'adulte, par unité de poids, est rigoureusement proportionnelle à l'intensité minima de sa production calorique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action de la levure sur les sucres rendus optiquement neutres par les alcalis dilués.* Note de MM. **A. Fernbach**, **M. Schoen** et **Motohichi Mori**, présentée par M. G. Bertrand.

On sait que l'action des alcalis dilués sur les sucres réducteurs se traduit tout d'abord par la suppression instantanée de la multirotation, et ensuite par la diminution progressive du pouvoir rotatoire. Ce dernier phénomène a été découvert dès 1895 par C. A. Lobry de Bruyn et A. van Ekenstein [1]. On a cherché à l'expliquer de diverses manières : énolisation préalable de la molécule de sucre, avec formation d'un alcool non saturé [R — C(OH) : C(OH)]; ou bien formation d'un glucosate alcalin instable. Quelle que soit l'explication à laquelle on s'arrête, il est indiscutable que les alcalis, même très dilués, ébranlent profondément l'édifice moléculaire des sucres réducteurs. C'est ainsi qu'une solution de dextrose, rendue optiquement inactive par l'action des alcalis, renferme du mannose et du lévulose, comme l'ont fait voir les deux auteurs cités plus haut.

A quoi est due la neutralité optique? Est-elle définitive par suite d'une véritable *racémisation* de toutes les substances qui prennent naissance, ou bien s'agit-il d'un équilibre résultant de la compensation de rotations opposées? C'est là la question que nous avons abordée au début de notre étude des sucres rendus optiquement neutres par les alcalis.

---

(1) C. A. Lobry de Bruyn et A. Ekenstein, *Einwirkung von Alkalien auf Kohlenhydrate* (*Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 28, 1895, p. 3078, et *Rec. d. Tr. chim. des Pays-Bas*, 14, 1895, p. 78, 156, 203).

Le problème peut être résolu d'une manière relativement simple par voie biochimique, c'est-à-dire en appliquant la méthode employée pour la première fois par Pasteur pour le dédoublement de l'acide tartrique inactif. Il suffit de soumettre à l'action de diverses levures le liquide optiquement neutre additionné des substances nutritives nécessaires.

Dès que la fermentation se déclare, on constate que le liquide devient optiquement actif. Le sens de la rotation dépend du type de la levure employée. Ainsi, avec une levure de bière ordinaire, la rotation devient gauche, et augmente peu à peu jusqu'à un certain maximum, pour diminuer ensuite jusqu'à la valeur zéro; après quoi elle passe à droite jusqu'à une certaine valeur qu'elle atteint lorsque la fermentation est achevée. Au début les choses se passent comme dans tout phénomène de fermentation élective nettement caractérisée : on sait que la grande majorité des levures, en agissant sur un mélange de dextrose et de lévulose, s'attaquent de préférence au premier de ces sucres. Dans notre cas, l'équilibre optique se trouve ainsi rompu en faveur du lévulose, dont la présence se révèle par la rotation gauche. Mais, au fur et à mesure que la fermentation progresse, le sucre lévogyre est attaqué à son tour, et la rotation droite finale est due à la présence d'un sucre dextrogyre (ou d'un mélange) non fermentescible [1].

Si, au lieu de s'adresser à une levure qui s'attaque d'abord au dextrose, comme la levure de bière, on emploie une levure capable de faire disparaître d'abord le lévulose, comme les levures de Sauterne étudiées par Gayon et Dubourg [2], on assiste à un phénomène inverse : la rotation du liquide mis en fermentation devient rapidement droite; elle atteint un certain maximum, et décroît ensuite jusqu'à une valeur qui ne se modifie plus, ce qui indique la fin de la fermentation. L'allure de la courbe représentative de la fermentation diffère toutefois de celle qui correspond au cas de la levure de bière par son ascension bien plus rapide : c'est que l'action élective de la levure de Sauterne pour le lévulose est plus marquée que celle des autres levures pour le dextrose.

Au lieu d'employer le polarimètre pour suivre la marche des phénomènes qui viennent d'être signalés, on peut avoir recours au dosage chi-

---

(1) Aprés fermentation nous avons obtenu un liquide dextrogyre réducteur, fournissant des osazones bien définies, et dont nous poursuivons l'étude.

(2) U. Gayon et E. Dubourg, *Sur la fermentation alcoolique du sucre interverti* (*Comptes rendus*, 110, 1890, p. 865).

mique des sucres, en se servant concurremment de la méthode iodométrique et de la méthode de G. Bertrand. On obtient ainsi des résultats qui concordent avec ceux qu'a fournis l'étude polarimétrique.

En dehors du dextrose, nous avons soumis le mannose à l'action des alcalis dilués, et nous avons fait fermenter le liquide inactif obtenu par diverses levures, autres que les deux levures mentionnées plus haut. Nous avons obtenu des résultats analogues (¹).

La fermentation des mélanges inactifs qui ont servi de point de départ à nos expériences n'est pas intéressante seulement pour l'étude des sucres qui constituent ces mélanges; elle offre un moyen précieux d'expérimentation sur les propriétés biochimiques des diverses levures et probablement d'autres microorganismes ainsi que sur certaines de leurs sécrétions diastasiques.

C'est dans cette direction que se poursuivent actuellement nos recherches.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'attribution aux électrons secondaires de l'action des rayons X sur les microorganismes.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

Le rayonnement secondaire, excité par les rayons X frappant un radiateur métallique, exerce une action bactéricide très marquée sur une culture microbienne placée à côté du métal (²). J'ai cherché à préciser le mécanisme de cette action en étudiant l'action propre des deux rayonnements qui constituent le rayonnement secondaire global, et qui sont l'un, de nature ondulatoire, l'autre, de nature corpusculaire. Une telle discrimination n'avait, à notre connaissance, jamais été tentée, car elle présente des difficultés qui ne peuvent être résolues que par des méthodes physiques délicates; cependant, ce problème présente un très grand intérêt, car il se rattache directement à la question de l'action des rayons X sur la matière vivante.

Les expériences que j'ai faites antérieurement (²) ont montré qu'un rayonnement primaire pénétrant n'exerce, sur une culture de *B. prodigiosus* prise comme témoin, qu'une action incomparablement plus faible que celle pro-

---

(¹) Les détails de nos recherches feront l'objet d'une publication étendue dans un autre Recueil.

(²) J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 614, et 183, 1926, p. 1304.

venant d'un rayonnement de basse fréquence (raie $K_\alpha Cr = 2,23 \text{Å}$); de même, dans les expériences faites avec un rayonnement pénétrant issu d'une ampoule Coolidge, c'est la partie la plus molle du spectre qui présente l'action bactéricide la plus grande. Lorsqu'on place un radiateur métallique à proximité de la culture, et qu'on l'irradie par un rayonnement pénétrant, on peut donc négliger le rayonnement diffusé et ne tenir compte que du rayonnement secondaire de fluorescence à basse fréquence excité dans le radiateur, ainsi que du rayonnement corpusculaire.

Partie expérimentale. — Une première expérience, qui consiste à placer sur une moitié du disque radiateur une feuille de papier à cigarettes, confirme cette hypothèse : on n'observe aucune action au niveau de la feuille, alors que la partie de la culture en regard du métal nu se trouve entièrement stérilisée; une mince couche de graisse produit le même effet. Cette expérience prouve que l'action bactéricide est due *à un rayonnement extrêmement absorbable*, mais ne permet pas de préciser s'il s'agit d'un rayonnement ondulatoire, corpusculaire ou des deux réunis.

Pour différencier ce qui est dû à chacun des deux rayonnements, j'ai eu recours à la méthode qui permet d'obtenir, par une voie analogue, les spectres corpusculaires, à savoir la déviation des électrons secondaires au moyen d'un champ magnétique puissant. Le métal utilisé étant l'or, et le tube fonctionnant dans des conditions d'excitation bien connues (68 kilovolts efficaces; 4,2 milliampères), on peut calculer le champ magnétique nécessaire pour courber la trajectoire des électrons de telle façon qu'ils ne viennent pas frapper la culture microbienne soumise alors au seul rayonnement ondulatoire.

On peut admettre que la grande majorité des électrons provient des raies de fluorescence L de l'or agissant sur le niveau M, ce qui correspond à un quantum de l'ordre de 8000 volts (on évite d'exciter les raies K du tungstène de l'anticathode en faisant fonctionner le tube à une tension inférieure à la tension d'excitation de ces raies). Pour plus de sécurité, on a considéré des électrons de 10000 volts; la distance radiateur-culture étant égale à 1^{mm}, la formule $RH = \frac{mv}{e}$ donne, pour le champ magnétique H nécessaire pour faire décrire (dans le vide) à ces électrons un arc de cercle de rayon $R = 1^{mm}$, une valeur de 3360 gauss. Ce champ est réalisé au moyen d'un puissant électro-aimant étalonné au moyen d'une balance de Pellat, l'entrefer étant de 3^{cm}, on réalise un champ de 4800 gauss au moyen d'un courant de 8 ampères.

La culture est placée dans une boîte rectangulaire allongée, dont le fond est en verre mince et les parois en cuivre; un radiateur formé d'un disque d'or portant une pointe traceuse de 1^{mm} peut se déplacer le long de la culture et venir occuper ainsi

plusieurs positions successives. L'ensemble est placé entre les pièces polaires de l'électro-aimant et peut se déplacer en hauteur au moyen d'un support à vis; le faisceau de rayons X primaires est délimité par une fente de plomb de $1^{mm},5$ de largeur.

L'expérience consiste à réaliser des poses de même durée avec et sans excitation de l'électro-aimant, et à comparer les résultats obtenus. Ceux-ci peuvent se résumer de la façon suivante, l'examen de la culture étant fait après développement de 48 heures à 30° :

Pose. (minutes)	Essai (électro excité).	Témoin (électro non excité).
15.....	Aucun retard visible.	Très retardé; presque entièrement stérile.
30.....	Faible ralentissement; nombreuses colonies.	Totalement stérile.
60.....	Presque stérile; quelques rares colonies.	Totalement stérile.

L'action bactéricide des rayons secondaires est donc presque complètement arrêtée par l'action d'un champ magnétique déviant les électrons. Ce résultat est d'autant plus net que l'irradiation est de plus courte durée; pour des poses plus longues, il se manifeste d'abord un faible ralentissement (avec électro excité), et au bout d'environ 1 heure 15 minutes, on atteint la stérilité, alors que ce résultat est obtenu en 15-20 minutes sur la culture témoin. Il est très probable que cela est dû, pour la plus grande part, aux électrons, qui, par suite de leur vitesse ou de leur direction d'éjection, viennent frapper la culture; au bout d'un certain temps, la quantité de ces électrons reçue par la culture est suffisante pour produire une action visible et même stérilisante.

Conclusion. — Ces expériences mettent directement en évidence un fait important : l'action bactéricide des rayons X secondaires est due presque uniquement au bombardement des microbes par les électrons issus du radiateur. L'action bactéricide des rayons ondulatoires de grande longueur d'onde, que j'ai signalée antérieurement, s'explique alors par le fait que ces rayons sont fortement absorbés dans la culture et provoquent sur place l'ionisation et, par suite, le bombardement électronique.

Il semble donc bien que ce qui agit lorsque les rayons X frappent la matière vivante, c'est non pas le phénomène ondulatoire primaire, mais le phénomène secondaire et *corpusculaire* qu'ils déclenchent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons Hyménomycètes : actions antioxygènes superposées aux actions réductrices.* Note (¹) de M. **L. Lutz**, présentée par M. L. Guignard.

L'étude faite précédemment (²) des actions antioxygènes s'appliquait exclusivement aux catalyses positives. Il était permis de supposer qu'inversement l'addition d'un antioxygène à un milieu réductible devait favoriser les actions de réduction, en catalysant inversement les oxydations déterminées par les myceliums vivants d'Hyménomycètes.

Les expériences suivantes ont été instituées en vue de vérifier cette hypothèse :

Le milieu réductible est constitué par la solution artificielle gélosée habituelle, dépourvue de sels de manganèse et de fer, et additionnée de 11 gouttes par 5^{cm^3} de la solution :

Bleu de méthylène...........	$0^g,05$
Alcool à 95°.................	5^{cm^3}
Eau distillée................	95^{cm^3}

Un tube, renfermant 5^{cm^3} de ce milieu, a servi de témoin pour chaque Champignon étudié. Trois autres ont été additionnés respectivement de 1 goutte de solution aqueuse d'iode (dans KI) à $0^g,50$ pour 100, de solution aqueuse d'iodure de sodium à 1 pour 100 ou de solution aqueuse d'hydroquinone à 1 pour 100.

Six séries semblables ont été préparées, solidifiées en position verticale et ensemencées avec *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Polyporus versicolor*, *P. pinicola*, *P. igniarius* et *Pleurotus Eryngii*.

Enfin, une dernière expérience a été faite en ajoutant à un tube de milieu au bleu 1 goutte de solution aqueuse de gaïacol à 1 pour 100, et en l'ensemençant avec du *Polyporus versicolor*.

Dans tous les cas, la réduction s'est produite dans un laps de temps inférieur à celui qui a été nécessaire pour les milieux témoins. L'hydroquinone a fourni les meilleurs résultats, puis l'iode, et enfin l'iodure de sodium.

Le gaïacol s'est conduit d'une manière intéressante. Habituellement, lorsqu'on fait développer un mycélium sur un milieu renfermant un corps oxydable, tel que le gaïacol, la coloration due à l'oxydation, après avoir envahi progressivement tout le milieu, s'atténue peu à peu, au point de disparaître complètement. Ce phénomène s'est également produit en pré-

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

(²) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 918.

sence du bleu de méthylène, faisant place, au fur et à mesure de la décoloration du gaïacol oxydé, à une magnifique coloration verte, provenant de la réduction simultanée du bleu, et cela bien avant que la réduction du tube témoin se fût manifestée avec une semblable intensité.

Ainsi donc, en détournant sur eux-mêmes l'action des oxydases, les corps antioxygènes n'ont laissé subsister dans leur intégrité vis-à-vis du bleu que les actions réductrices, dont la rapidité et l'intensité ont été par cela même considérablement augmentées.

La superposition des actions oxydante, antioxygène et réductrice se trouve, par suite, mise en évidence d'une manière particulièrement nette.

M. **Émile Guarini** adresse une lettre sur *l'utilisation de la chaleur ambiante pour la production de la force motrice.*

A 15^h55^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h50^m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 27 décembre 1926.)

Note de M. *Th. Vautier*, Formes et déformations d'ondes explosives :

Page 1336, dernière ligne du tableau de nombres, *au lieu de* 9.....1, *lire* 15.....1.

(Séance du 4 janvier 1927.)

Note de M. *G. Rempp*, Sur la modification apportée à une courbe de fréquence par la superposition d'une variation sinusoïdale à la variabilité accidentelle :

Page 37, ligne 21, et page 38, ligne 14, *au lieu de* θ, *lire* $\bar{\theta}$.

Page 39, ligne 8, *après* pour moitié, *ajouter* à la variation diurne proprement dite, et, pour moitié.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1926.

Demografiska Studier rörande Svenska kyrkans Prästerskap, par F. J. LINDERS. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri, 1925; 1 vol. 24cm,5.

Twin births and twins from a hereditary point of view, by GUNNAR DAHLBERG. Stockholm, 1926; 1 vol. 23cm.

Über α-Mercaptoketone und verwandte Stoffe, von BERTIL GROTH. Lund, Glecrupska Univ. Bokhandeln, 1926; 1 vol. 22cm,5.

Über die Hysteresis bei Glimmlichtentladungen mit Wechselstrom, von FREDRIK BERGLÖF. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri, 1926; 1 vol. 22cm,5.

Morphological and Biological Studies of the Swedish families of Hemiptera-Heteroptera, by TORE EKBLOM. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri, 1926; 1 vol. 25cm,5.

Studien über die Wirkungen des Windes in den kalten und gemässigten Erdteilen, von CARL SAMUELSSON. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri, 1926; 1 vol. 25cm,5.

Space and time, by ÉMILE BOREL. London and Glascow, Blackie and son Ltd, 1926; 1 vol. 20cm.

Wilfrid Kilian (1862-1925), par J. OFFNER, in *Annuaire de la Société des touristes du Dauphiné*. Grenoble, Allier père et fils, 1926; 1 fasc. 25cm.

The isolation and crystallization of the enzyme urease. — The recrystallization of urease, by JAMES B. SUMNER (in *The Journal of Biological Chemistry*, LXIX, LXX); Ithaca, août, septembre 1926; 2 fasc. 22cm,5.

Thermodynamique et Chimie, par A. BOUTARIC, d'après la deuxième édition de l'ouvrage de PIERRE DUHEM. Paris, J. Hermann, 1926; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Charles Moureu.)

La chaîne annamitique et le plateau du Bas Laos à l'ouest de Hué, par RENÉ BOURRET. Hanoï, 1925; 1 vol. 28cm,5.

Úvod do radiofonie (Introduction à la radiophonie), par JEAN ČEMUS. Prague, B. Janda, 1926; 1 vol. 21cm.

Les anomalies végétales, leur cause biologique, par PAUL VUILLEMIN. Paris, Les Presses universitaires de France, 1926; 1 vol. 25cm.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie. Rapport général présenté au nom de la Commission permanente pour l'année 1925. Paris, Charles Marie, 1926; 1 fasc. 27cm.

Cours de botanique : anatomie; physiologie; classification; applications agricoles, industrielles, médicales; morphologie expérimentale; géographie botanique; paléontologie; historique, par GASTON BONNIER et LECLERC DU SABLON. Fasc. VII (1re Partie), avec la collaboration de RAOUL CERIGHELLI. Paris, Librairie générale de l'enseignement, 1926; 1 fasc. 23cm. (Présenté par M. Costantin.)

La trompette marine, par PAUL GARNAULT. Nice, chez l'auteur, 1926; 1 fasc. 23cm.

Office central de faunistique. *Faune de France*. 13 : *Diptères* (*Brachycères*), par E. SÉGUY. Paris, Paul Lechevalier, 1926; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Annales de l'Observatoire de Strasbourg, publiées sous la direction de M. ERNEST ESCLANGON. Tome I. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. Deslandres.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JANVIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur un problème de la théorie des surfaces.* Note de M. **E. Goursat**.

1. Je conserve les notations d'une Note antérieure [1]. Soit S une surface admettant un élément linéaire donné. A chaque point m de S on fait correspondre deux points M, M_1 du plan tangent à S au point m, dont la liaison avec le point m dépend uniquement des coefficients de l'élément linéaire de S, et se conserve dans toute déformation de cette surface. Je me suis proposé, dans la Note citée, de trouver tous les cas où les surfaces Σ, Σ_1, décrites par les points M, M_1, se correspondent avec similitude des éléments infiniment petits, quelle que soit la surface admettant l'élément linéaire donné. En laissant de côté certaines solutions très particulières déjà obtenues par Darboux, le problème admet deux familles de solutions distinctes.

On obtient la première famille de solutions en prenant un ds^2 de la forme

$$(1)\qquad ds^2=\left[\frac{e^{\alpha}\dfrac{\partial\beta}{\partial u}}{\operatorname{sh}\beta}\right]^2 du^2-\left[\frac{e^{\alpha}\dfrac{\partial\beta}{\partial v}}{\operatorname{sh}\beta}\right]^2 dv^2+\frac{\mathrm{V}\,dv^2}{\operatorname{sh}^2\beta},$$

V étant une fonction arbitraire de v, et α, β deux fonctions des paramètres (u, v) qui satisfont à la relation

$$(2)\qquad \frac{\partial^2\beta}{\partial u\,\partial v}+\frac{\partial\beta}{\partial v}\frac{\partial\alpha}{\partial u}+\frac{\partial\beta}{\partial u}\frac{\partial\alpha}{\partial v}=0.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1433.

Les points M, M_1 qui correspondent au point $m(u, v)$ de S sont situés sur la tangente à la courbe (v) qui passe par ce point.

La seconde famille de solutions s'obtient en prenant un ds^2 de la forme

$$(3) \qquad ds^2 = \left[\frac{e^\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial u}}{\operatorname{ch}\beta}\right]^2 du^2 - \left[\frac{e^\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial v}}{\operatorname{sh}\beta}\right]^2 dv^2 + \mathrm{V} e^{2\alpha} dv^2,$$

V étant une fonction arbitraire de v, et α, β deux fonctions des paramètres (u, v) qui satisfont à la relation

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 \alpha}{\partial u \, \partial v} = \operatorname{tangh}\beta \frac{\partial \beta}{\partial v}\frac{\partial \alpha}{\partial u} + \operatorname{coth}\beta \frac{\partial \beta}{\partial u}\frac{\partial \alpha}{\partial v}.$$

Les points M, M_1 qui correspondent à un point $m(u, v)$ de S sont encore situés sur la tangente à la courbe (v) passant par le point m.

On est donc conduit à étudier le problème général suivant. Un élément linéaire ds^2 étant donné *à priori, ramener cet élément linéaire à l'une des formes* (1) *ou* (3) *par un choix convenable des paramètres*.

2. Considérons d'abord la forme (1). La relation (2) exprime que

$$e^{2\alpha}\left(\frac{\partial \beta}{\partial u} du - \frac{\partial \beta}{\partial v} dv\right)$$

est une différentielle exacte, de sorte que l'élément linéaire (1) peut encore s'écrire

$$(1') \qquad \operatorname{sh}^2\beta \, ds^2 = d\mathrm{X}^2 + d\beta \, d\mathrm{Y}.$$

Il suit de là que la fonction β des deux variables au moyen desquelles on exprime le ds^2 donné doit satisfaire à une équation aux dérivées partielles du second ordre E_1, qui se déduirait de l'équation bien connue de Bonnet [1], où l'on aurait remplacé ds^2 par $\operatorname{sh}^2\beta \, ds^2$. Inversement, on voit aisément que toute intégrale particulière de E_1 fournit une infinité de solutions du problème proposé, dépendant d'une constante arbitraire.

Lorsque le ds^2 peut être ramené à la forme (3), la condition (4) exprime que

$$\operatorname{tangh}\beta \frac{\partial \alpha}{\partial u} du + \operatorname{coth}\beta \frac{\partial \alpha}{\partial v} dv$$

est une différentielle exacte $d\mu$, et la formule (3) s'écrit encore

$$ds^2 = e^{2\alpha}[\mathrm{V}\, dv^2 + d\alpha^2 - d\mu^2],$$

---

[1] O. Bonnet, *Journal de l'École Polytechnique*, 42e Cahier, 1867, p. 3.

ou

$$e^{-2\alpha}ds^2 - d\alpha^2 = V\,dv^2 - d\mu^2.$$

La courbure totale d'une surface admettant l'élément linéaire $e^{-2\alpha}ds^2 - d\alpha^2$ doit donc être nulle, ce qui conduit à une autre équation aux dérivées partielles du second ordre E_2, à laquelle doit satisfaire la fonction α.

Remarque. — Lorsque l'on a $\frac{\partial\beta}{\partial v} = 0$ dans la formule (1) ou $\frac{\partial\alpha}{\partial v} = 0$ dans la formule (3), le ds^2 convient à une surface de révolution, et il est facile de traiter ces cas directement.

3. Les deux équations E_1 et E_2 ne sont pas en général intégrables. Si le ds^2 donné convient à une surface développable, les propriétés démontrées dans ma première Note conduisent facilement à une solution générale du problème. La surface S étant supposée développable, si l'on applique cette surface sur un plan, les surfaces Σ, Σ_1 viennent aussi se confondre avec ce plan, et l'on a ainsi une transformation ponctuelle du plan qui conserve les angles. Inversement, imaginons que l'on établisse entre les points M, M_1 de deux plans superposés P, P_1 une correspondance qui conserve les angles. Sur la droite MM_1 qui joint deux points correspondants prenons un point m tel que le rapport de similitude des éléments infiniment petits des deux plans en M et en M_1 soit égal au rapport $\frac{mM}{mM_1}$. Le lieu de ce point m est un troisième plan Π superposé aux deux premiers. Si l'on fait ensuite rouler le plan Π sur une surface développable (Θ), le point de contact m entraînant la droite mMM_1 et les points M, M_1, ces deux points M, M_1 décrivent deux surfaces qui se correspondent avec similitude des éléments infiniment petits. On obtient des énoncés élégants en partant des transformations planes les plus simples qui conservent les angles. Par exemple, si la transformation plane se réduit à une translation, on obtient des couples de surfaces applicables, signalés par M. Caronnet [1]. On obtient d'autres couples de surfaces applicables, en partant d'une rotation ou d'une combinaison de rotations et d'homothéties.

---

[1] TH. CARONNET, *Sur des couples de surfaces applicables* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 21, 1893, p. 134).

NAVIGATION. — *Inclinaison* θ, *toujours favorable à la vitesse d'un navire, que sa houle satellite donne à son plan de flottaison, en mer plate.* Note de M. **F.-E. Fournier.**

1. Cette Note est le complément indispensable de celle du Tome 183, page 820 (séance du 15 novembre 1926) et doit être substituée au dernier paragraphe 5 de celle-ci, pour expliquer la cause dynamique de sa formule (5).

2. Cette cause dynamique est la suivante. Sur toute carène ayant la plus grande largeur l de son maître couple, à peu près au milieu de la longueur L de son plan de flottaison, sensiblement perpendiculaire à son étrave droite, j'ai reconnu que l'inclinaison θ a pour expression générale la formule

$$(1) \qquad \theta = \frac{i_0\sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1-\frac{i}{i_0}\right)}}{1+4\frac{l}{L}\left(\frac{2gL}{\sqrt{v^4-w^4}}\right)^{\frac{l}{L}}};$$

où i est l'*incidence latérale moyenne* des extrémités des *lignes d'eau* de la *proue* sur la hauteur de son *étrave;* et i_0, une constante générale de référence $i_0 = 10°,6$. Quant à w, c'est la vitesse critique du navire, amenant sur le contour vertical du maître couple, le milieu du premier creux du profil vertical ondulatoire de la houle satellite.

3. Cette inclinaison θ est donc *uniquement* réalisable aux vitesses $v > w$ et, sur les carènes où $\frac{i}{i_0} < 1$, ces carènes étant les seules dont la proue est assez affinée pour ne pas entraîner l'eau, *en proue fluide*, au-dessous de l'horizon, sur l'avant de l'étrave, de manière à éviter, ainsi, de provoquer, par dépression, sur l'arrière du maître couple, l'amorçage d'une *seconde vague de translation divergente,* dite, *d'étambot,* ne se produisant, en effet, que sur les carènes où $\left(\frac{i}{i_0} \geqq 1\right)$.

4. Dans ces conditions : la houle satellite des carènes, où $\left(\frac{i}{i_0} < 1\right)$, ne comprend qu'*une seule vague de translation divergente, celle de l'étrave,* dont le sommet s'allonge, alors, librement en grandissant avec la vitesse v, vers le contour du maître couple, devenu sa limite asymptotique, à mesure que $\frac{v}{w}$ croît, de 1 vers ∞; en même temps que le milieu du *premier creux*

ondulatoire, au-dessous du plan de flottaison, de la houle satellite, s'étend, du contour du maître couple, où il séjournait, à la vitesse, w, jusqu'au-dessous *de l'étambot*, devenu sa limite asymptotique, et permet ainsi à la *poupe* de s'y abaisser pendant que la *proue* est, au contraire, soulevée par le sommet de la vague d'étrave. L'inclinaison θ du plan de flottaison, résultant de ce couple, augmente donc de o vers sa limite asymptotique

$$\theta_\infty = i_0 \sqrt{\frac{i}{i_0}\left(1 - \frac{i}{i_0}\right)}$$

à mesure que le rapport $\frac{v}{w}$ croît, de 1 vers ∞, suivant la formule (1).

5. Or, le *maximum* de cette limite asymptotique θ_∞ étant atteint sur les carènes où la condition

$$\frac{i_m}{i_0} = \frac{1}{2} \tag{2}$$

serait satisfaite, c'est donc sur ces carènes où i serait réduit à cette valeur optimum

$$i_m = \frac{1}{2} i_0 = 5^\circ,3,$$

que se trouveraient réalisées les *formes les plus favorables que possible à leurs grandes vitesses*, et que l'inclinaison θ du plan de flottaison du navire tendrait vers sa limite asymptotique égale à i_m,

$$\Theta_\infty = \frac{1}{2} i_0 = 5^\circ,3, \tag{3}$$

à mesure que $\frac{v}{w}$ croîtrait de 1 vers ∞.

M. **Camille Sauvageau** fait hommage à l'Académie de deux Mémoires qu'il vient de publier : *Sur les problèmes du* Giraudya et *Sur le* Fucus lutarius *et sur l'iode libre de certaines algues*.

ÉLECTIONS.

M. **Charles-Eugène Guye**, par 43 suffrages contre 2 à M. *John Townsend* et 1 à M. *Nils Bohr*, est élu Correspondant pour la Section de Physique, en remplacement de M. *Kamerlingh Onnes*, élu Associé étranger.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Stefan Jellinek. *Der elektrische Unfall, skizziert für Ingenieur und Arzt.* (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

M. **Jean Thibaud** adresse des remercîments à l'Académie pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution du problème de Dirichlet par des médiations réitérées.* Note de M. **F. W. Perkins**, présentée par M. Goursat.

Soient Ω un domaine ouvert, Σ sa frontière, P un point quelconque de Ω, σ_P la sphère du centre P et de rayon $\rho(P)$, distance de P à Σ. Soient la fonction $f(Q)$ continue sur Σ et $\mathcal{F}(P)$ une fonction quelconque continue dans $\Omega+\Sigma$, et qui se réduit à $f(Q)$ sur Σ [1]. Appelons $\mathcal{F}_1(P)$ la médiante au sens de M. Zaremba de la fonction F(P)

$$\mathcal{F}_1(P)=\frac{1}{\frac{4}{3}\pi\rho^3}\iiint_{\sigma_P}\mathcal{F}(M)\,d\omega_M.$$

Soient de même $\mathcal{F}_2(P)$ la médiante de $\mathcal{F}_1(P)$ et, en général, $\mathcal{F}_k$ celle de $\mathcal{F}_{k-1}$. On doit à M. Lebesgue le résultat suivant [2] : si pour Ω, le problème de Dirichlet est résoluble *au sens classique*, la suite $\{\mathcal{F}_k\}$ converge vers la solution de ce problème pour les valeurs frontières $f(Q)$. On peut lever la restriction précédente, et montrer que la suite $(\mathcal{F}_k)$ converge vers la solution du problème de Dirichlet généralisé, dont l'existence

(1) Pour les définitions nous renvoyons au fascicule XI du *Mémorial des Sciences mathématiques*.

(2) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 355.

résulte d'un théorème de M. N. Wiener ([1]). La méthode, indépendante du nombre de dimensions, est celle que H. Poincaré a utilisée pour la méthode du balayage ([2]), et par laquelle M. Bouligand a retrouvé simplement le précédent théorème de M. N. Wiener ([3]).

A la faveur du théorème de Weierstrass sur la possibilité de représenter une fonction continue dans un domaine borné par une série de polynomes uniformément convergente, on peut s'en tenir au cas où $\mathcal{F}(P)$ est un polynome, et écrire

$$\mathcal{F}(P) = \mathcal{F}'(P) - \mathcal{F}''(P),$$

$\mathcal{F}'$ et $\mathcal{F}''$ étant deux nouveaux polynomes dont le laplacien est > 0, dans une région contenant Ω (les axes étant choisis de manière que le trièdre des coordonnées positives contienne Ω, il suffit de grouper les termes de même signe).

En vertu de la linéarité, considérons exclusivement $\mathcal{F}'(P)$. C'est une fonction sous-harmonique, et l'on a, pour cette raison, $\mathcal{F}'_1(P) > \mathcal{F}'(P)$; or, on a

$$\mathcal{F}_2(P) = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi\rho^3}\iiint_{\sigma_P} \mathcal{F}'_1(M)\,d\omega_M > \frac{1}{\frac{4}{3}\pi\rho^3}\iiint_{\sigma_P} \mathcal{F}'(M)\,d\omega_M = \mathcal{F}'_1(P),$$

donc la suite des $\{\mathcal{F}'_k\}$ est croissante. Elle est d'ailleurs bornée et, par conséquent, elle converge vers une fonction limite $F'(P)$ qui est sa propre médiante. Si la frontière Σ de Ω n'offre que des points réguliers, il existe une fonction $H'(P)$ harmonique dans Ω, continue dans $\Omega + \Sigma$, et prenant sur Σ les valeurs $f(Q)$. La différence $F' - H'$, continue dans $\Omega + \Sigma$, s'annule sur Σ et est sa propre médiante, d'où $F' - H' \equiv 0$. C'est le résultat de M. Lebesgue. Étudions la fonction limite dans le cas général. On peut noter, avec M. Bouligand, qu'en dilatant le domaine, ce qui accroît $\rho(P)$, on accroît en un point P déterminé la suite des médiantes; donc $\mathcal{F}'(P)$ étant fixé, la limite $F'(P)$ de nos approximations ne peut aller en décroissant si l'on dilate ce domaine; c'est pour cette raison qu'elle coïncide avec la solution du problème de Dirichlet généralisé.

On peut noter que le même raisonnement serait applicable avec la médiation périphérique.

([1]) *Journal of Mathematics and Physics* (*Massachusetts Institute of Technology*), 3, 1, 1924, p. 24.

([2]) *Leçons sur la théorie du potentiel newtonien*, Paris 1899, Chap. VII, p. 260.

([3]) *Sur le problème de Dirichlet* (*Annales de la Société polonaise de Mathématique*, 3, 1925, p. 74).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ensembles de fonctionnelles également continues*. Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Goursat.

Je me propose d'étendre aux fonctionnelles, moyennant restrictions, le théorème d'Ascoli sur l'existence de la fonction d'accumulation d'un ensemble de fonctions également bornées et continues. Soit pour simplifier un ensemble V d'une infinité de fonctions de ligne $\varphi(C)$ inférieures en module à un nombre fixe M et définies pour toutes les courbes planes d'un domaine carré D.

Opération de filtrage. — Soient ε positif et $C_1, C_2, \ldots, C_n$, n courbes de D. Par n applications du principe de Bolzano-Weierstrass, on peut extraire de W un ensemble $W(\varepsilon)$ renfermant une infinité d'éléments dont deux quelconques satisfont aux conditions

$$|\varphi_2(C_i) - \varphi_1(C_i)| < \varepsilon \qquad (i = 1, 2, \ldots, n);$$

c'est ce que nous appelons *le filtrage* (ε) *de* W *sur les* C_i.

Fonctionnelles de pseudo-accumulation. — Soit une suite Σ dont le terme général $[R_n]$ représente la réunion d'un nombre limité de courbes C. Soit W_1 le résultat du filtrage (1) de W sur les courbes de $[R_1]$, et en général W_n le résultat du filtrage $\left(\frac{1}{n}\right)$ de W_{n-1} sur les courbes des $[R_i]$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$. Soit $I_n(C)$ la borne inférieure des valeurs des $\varphi(C)$ de W_n. $I_n(C)$ tend vers une limite $I(C)$ qui est une fonctionnelle jouissant de la propriété suivante : *A tout* $\varepsilon > 0$ *et à tout entier* $\bar{n}$ *on peut faire correspondre* $p \geqq \bar{n}$ *courbes* $C_1, \ldots, C_p$ *et une fonctionnelle* $\varphi(C)$ *satisfaisant à*

$$|\varphi(C_i) - I(C_i)| \leqq \varepsilon \qquad (i = 1, 2, \ldots, p).$$

Nous dirons alors que $I(C)$ *est une fonctionnelle de pseudo-accumulation de* W.

Supposons également continues les fonctionnelles de W. Pour les fonctions également bornées, l'égale continuité entraîne l'existence d'une fonction d'accumulation (théo. d'Ascoli). Cette propriété ne s'étend pas aux fonctionnelles, mais on peut obtenir une proposition analogue en considérant seulement les valeurs des $\varphi(C)$ relatives aux courbes d'un ensemble U satisfaisant à des conditions convenables.

Condition (α) : à tout $\delta > 0$, on peut faire correspondre une collection $R(\delta)$ de n courbes $C_1, C_2, \ldots, C_n$ telle que toute C de U soit séparée

d'une des C_i par une distance $\leq \delta$. On a alors le théorème : *Tout ensemble de fonctionnelles également bornées et continues admet toujours une fonctionnelle de pseudo-accumulation continue. Si l'on considère seulement leurs valeurs pour les courbes d'un ensemble* U *satisfaisant à la condition* (α), *ces fonctionnelles admettent une fonctionnelle d'accumulation continue.* On le démontre en prenant pour Σ la suite dont le terme général est $R\left(\frac{1}{n}\right)$ et considérant la fonctionnelle de pseudo-accumulation correspondante.

Quasi-accumulation. — Nous dirons que $\varphi_0(C)$ est une fonctionnelle de quasi-accumulation si prenant arbitrairement $\varepsilon > 0$ et n courbes $C_1, \ldots, C_n$, il est toujours possible de trouver des éléments de W qui satisfont aux conditions

$$|\varphi(C_i) - \varphi_0(C_i)| \leq \varepsilon \quad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Conditions (β) : on peut former une suite illimitée $C_1, \ldots, C_n, \ldots$ telle qu'à tout $\delta > 0$ et à chaque C de Ω corresponde une C_i distante de C de δ au plus. Alors *un ensemble de fonctionnelles également continues et bornées, définies sur un ensemble* U *satisfaisant à* (β), *admet une fonctionnelle de quasi-accumulation continue.* Ceci posé, divisons D en n^2 carrés égaux et formons le système de tous les polygones Γ_i^n dont les côtés successifs sont empruntés aux carrés précédents. L'ensemble des lignes polygonales Π intérieures à D, d'un même nombre de côtés, satisfait à la condition (α) si l'on adopte les définitions usuelles de la distance, car à chaque Π on peut associer une Γ_i^n dont la distance à Π ne dépasse pas $A : n$, A étant fixe. L'ensemble des lignes polygonales d'un nombre quelconque de côtés satisfera à la condition (β), d'où le théorème suivant :

Soit un ensemble W *de fonctions de ligne également bornées et également continues, définies pour toutes les courbes continues d'un domaine borné. Cet ensemble admet alors une fonctionnelle de quasi-accumulation continue. De plus, si à tout nombre positif* ε *on peut associer un entier* p, *tel que l'on ait, pour tous les éléments de* W *et pour toutes les* C,

$$|\varphi(C) - \varphi(C')| \leq \varepsilon,$$

C *étant une ligne polygonale de* p *côtés inscrite dans* C, W *admet alors une fonctionnelle d'accumulation continue.*

MÉCANIQUE. — *Sur le mouvement gyroscopique du projectile.* Note (¹) de M. G. SUGOT, transmise par M. Appell.

1. L'étude du mouvement du projectile a donné lieu à de nombreux travaux dont les plus importants sont ceux de MM. de Sparre, Esclangon, Charbonnier.

Dans la présente Note, nous présentons une solution simple du mouvement au voisinage de la bouche qui n'a été étudié jusqu'ici que d'une façon fragmentaire. Elle consiste dans l'exploitation de résultats partiels dus à MM. Saintillan et Travers.

2. p, q, ω sont les composantes à un instant donné de la rotation instantanée sur trois axes principaux du projectile choisis comme suit : Gz ou GA, axe de révolution; GI, normale au plan de résistance suivant l'axe des deux directions GA et GT; GJ, perpendiculaire à GA dans le plan de résistance, de façon à avoir un trièdre direct.

Bp, Bq, Aω sont les coordonnées de l'extrémité σ de l'axe du moment cinétique. Le système d'axes GAIJ est animé d'une rotation p, q, r; r différant de ω par la rotation propre du solide à laquelle les axes choisis ne participent pas.

Appelant $\mathfrak{M}_i$, $\mathfrak{M}_j$, $\mathfrak{M}_z$ les composantes suivant GIJz du moment des forces extérieures par rapport au centre de gravité, la propriété du déplacement du point σ donne *immédiatement* les trois équations *rigoureuses* (²) :

(1) $Bp' + (A\omega - Br)q = \mathfrak{M}_i$ provenant de la résistance de l'air,

(2) $Bq' + (A\omega - Br)p = \mathfrak{M}_j$ } provenant des forces d'amortissement perpendiculaires au plan de résistance.
(3) $A\omega' = \mathfrak{M}_z$ }

En négligeant Bp' et Bq', c'est-à-dire le mouvement relatif de Gz et de Gσ, et en considérant Br comme petit devant Aω, on obtient les équations dites de *la précession :*

$$q = \frac{M\delta}{A\omega}, \qquad p = -\frac{\mathfrak{M}_j}{A\omega}, \qquad A\omega' = \mathfrak{M}_z,$$

sur lesquelles il n'y a rien de nouveau à signaler.

(¹) Séance du 17 janvier 1927.

(²) Ce mode d'établissement des équations, particulièrement simple, est dû à M. Saintillan.

3. r provient de la rotation autour de la tangente et des rotations $-\tau'$ et η' du trièdre auxiliaire dont la tangente constitue l'axe des z. Faisant abstraction de ces dernières rotations, faibles en particulier au début, on a

$$r = \frac{q}{\delta}, \qquad p = \delta'.$$

Remplaçant, dans (1), q par sa valeur en fonction de r, on obtient

$$\frac{p'}{\delta} = \left(r - \frac{A\omega}{2B}\right)^2 - K, \qquad \text{où } K = \frac{A^2\omega^2 - 4BM}{4B^2}. \tag{4}$$

Pour que p' puisse devenir négatif, sinon le projectile se mettrait immédiatement de travers, il faut $K > 0$; c'est la condition de stabilité de M. Esclangon.

Quand on néglige les forces d'amortissement ($\mathfrak{M}_y = 0$, $\mathfrak{M}_z = 0$), ω reste constant et l'équation (2) donne

$$r' = \left(\frac{A\omega}{2B} - r\right)\frac{2\delta'}{\delta}, \tag{5}$$

Différentiant (4), en considérant M comme constant pendant la petite période envisagée, on obtient

$$3\left(r - \frac{A\omega}{2B}\right)^2 + K = -\frac{p''}{p}, \tag{6}$$

ce qui montre que toute variation de δ est contrariée par une variation en sens contraire de p' ou de δ'' qui est alternativement positif ou négatif comme δ' et occasionne des maxima et minima successifs de l'obliquité δ.

Combinée avec (4), l'équation (6) devient

$$\frac{\delta'''}{\delta'} + \frac{3\delta''}{\delta} + 4K = 0. \tag{7}$$

C'est l'équation différentielle du problème, qui n'est d'ailleurs valable que pendant de très courts intervalles de temps où l'on ferait abstraction de la variation de M.

Mais la résolution de cette équation n'est pas nécessaire pour discuter complètement la solution.

4. Les équations (5), (1) et (2) conduisent à

$$\left(\frac{A\omega}{2B} - r\right)\delta^2 = \text{const.} = \left(\frac{A\omega}{2B} - r_0\right)\delta_0^2 \tag{8}$$

$$p^2 + \delta^2\left(r^2 - \frac{M}{B}\right) = \text{const.} = p_0^2 + \delta_0^2\left(r_0^2 - \frac{M}{B}\right) \tag{9}$$

qui permettent de déterminer les valeurs de r et de δ des points d'obliquité

maximum et minimum (¹) ($p = 0$) et de tracer les courbes décrites par la trace de l'axe du projectile sur un plan perpendiculaire à la tangente, suivant les valeurs de δ_0, p_0 et p'_0.

L'amplitude des oscillations a pour expression $\frac{p_0}{K}\sqrt{1 + \frac{p_0'^2}{4Kp_0^2}}$. Elle prend des valeurs inadmissibles quand K est voisin de o.

Les obliquités extrêmes vont constamment en diminuant du fait de la diminution de M, corrélative de la diminution de vitesse sur la trajectoire. En outre, les forces d'amortissement qu'on a négligées interviennent pour atténuer progressivement l'amplitude des oscillations.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence de la compression sur la fragilité de l'acier. Existence d'une limite de fragilité.* Note de M. **P. Dejean**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Pour étudier l'influence de la compression préalable sur la fragilité du métal, j'ai opéré sur des barres carrées de 32^{mm} de côté, forgées dans un même lingot d'acier, dont la composition, pour 100, était la suivante :

$$C = 0,180, \quad Si = 0,265, \quad Mn = 0,54, \quad S = 0,016, \quad P = 0,016.$$

Ces barres étaient divisées en trois groupes, ayant chacun subi l'un des traitements suivants :

A. Trempe à l'eau à 900°, après un maintien de 30 minutes, puis revenu à 700° pendant 1 heure, et refroidissement à l'air;

B. Brut de forge;

C. Recuit de 5 heures à 950°, refroidissement à raison de 20° par heure environ.

Les essais mécaniques de ces différentes barres ont donné les caractéristiques suivantes :

Traitement.	Limite élastique (kg/mm²).	Résistance (kg/mm²).	Allongement pour 100.	Résilience en kgm.
A.	38,2	51	18,4	18,7
B.	30,5	49,2	25,5	11,5
C.	22,95	42,6	28,5	8,4

La résilience a été déterminée sur barreau : type de la Commission de Standardisation.

(¹) Les relations (8) et (9) qui ont été utilisées par M. Travers pour le calcul dans deux cas limites de l'obliquité maximum ont été obtenues directement par lui, d'une part en écrivant que la projection sur OT de l'extrémité de l'axe au moment cinétique reste fixe, d'autre part en évaluant la variation de force vive.

Dans chacune des barres, j'ai découpé des éléments de longueur suffisante pour que, après compression suivant l'axe, on puisse encore prélever des barreaux de fragilité de 55mm de longueur. J'ai fait subir à une série d'éléments de chaque type, des compressions dont les valeurs sont données dans le tableau ci-après. Ces éléments de barres étaient alors sciés longitudinalement en quatre parties permettant de préparer, avec chacune d'elles, un barreau entaillé de $10 \times 10 \times 55$ (type Commission de Standardisation).

Échantillon A.			Échantillon B.			Échantillon C.		
Charge de compression (kg/mm²).	Écrasement $\frac{l-l'}{l} \times 100$.	Résilience (kgm/cm²).	Charge de compression (kg/mm²).	Écrasement $\frac{l-l'}{l} \times 100$.	Résilience (kgm/cm²).	Charge de compression (kg/mm²).	Écrasement $\frac{l-l'}{l} \times 100$.	Résilience (kgm/cm²).
0	0	18,7	0	0	11,5	0	0	8,4
50	3,1	18,9	50	5,8	11,9	24,8	0,9	8,5
94	22,7	17,2	65	12,5	11,85	30	1,7	8,2
115	34,8	18,8	74	16,0	12,3	40	4,3	8,6
126	42	12,8	81	20	12,1	50	8	7
»	»	1,6	90	24,5	11,4	55	9,9	6,8
129	45	12,5	97,5	29,1	8,8	59,8	12	5,3
»	»	1,2	»	»	4,4	65,5	15,6	2,4
»	»	1,0	108	37	0,3	82,5	23,7	1,2
135	50	0,6						

L'inspection des chiffres de ces tableaux, en ce qui concerne les résiliences, permet de faire les remarques suivantes :

1° Tant que la charge n'a pas atteint une certaine valeur critique, la résilience du métal ne semble pas sensiblement modifiée par une compression préalable;

2° A partir de cette valeur critique, la résilience tombe très brusquement;

3° Cette valeur critique de la charge est aux environs de 125 à 130kg pour les échantillons A; 95 à 100kg pour B; et de 55 à 60kg pour C;

4° Les écrasements correspondants sont de 42 à 45 pour 100 pour les échantillons A; de 28 à 30 pour B; et de 10 à 12 pour C;

5° Si l'on examine maintenant les valeurs critiques des écrasements, on constate qu'elles passent de 42 pour 100 pour A à 12 pour 100 pour C; c'est-à-dire qu'elles varient dans le rapport de 1 à 3,5, ce qui est considérable.

Je crois donc qu'il y a lieu d'attirer l'attention des constructeurs sur cette *limite de fragilité* à la compression.

ÉLECTRICITÉ. — *Inclinaison des ondes et systèmes dirigés.* Note de M. **Léon Bouthillon**, transmise par M. André Blondel.

Il est communément admis, à la suite des expériences faites sur les ondes électromagnétiques de 10^m à 50^m de longueur, employées en radiocommunications, que les rayons les plus utiles à grande distance sont ceux qui partent de l'émetteur en faisant avec le zénith un angle relativement petit, d'une vingtaine de degrés au plus. D'autre part, il paraît également démontré expérimentalement que les systèmes d'antennes établis en vue de concentrer les ondes dans des directions déterminées sont, à grande distance, beaucoup moins efficaces qu'il ne résulterait des prévisions théoriques. On signale en particulier que le projecteur récemment mis en service par la Compagnie Marconi, à Bodmin (Angleterre), prévu pour rayonner, pratiquement, dans une seule direction, est fortement reçu dans la direction opposée.

Nous allons établir une relation entre ces deux résultats d'expérience, en expliquant pourquoi, à mesure que les rayons utiles se rapprochent du zénith, les systèmes émetteurs dirigés deviennent moins efficaces.

Soit un système émetteur composé d'antennes à rayonnement indépendant de l'angle i de la direction considérée avec le zénith et de l'orientation α de sa projection sur le plan horizontal. Le champ électromagnétique en un point Q, dans une direction définie par i et α, est de la forme

$$\mathcal{E} = k\mathrm{L}\cos(\omega t + \delta)$$

avec

$$\mathrm{L}^2 = \sum e_i^2 + 2\sum{}' e_i e_j \cos\left[\varphi_i + 2\pi\frac{d_i}{\lambda}\cos(\beta_i - \alpha)\sin i - \varphi_j + 2\pi\frac{d_j}{\lambda}\cos(\beta_j - \alpha)\sin i\right], \tag{1}$$

$$\operatorname{tang}\delta = \frac{\sum e_i \sin\left[\varphi_i + 2\pi\frac{d_i}{\lambda}\cos(\beta_i - \alpha)\sin i\right]}{\sum e_i \cos\left[\varphi_i + 2\pi\frac{d_i}{\lambda}\cos(\beta_i - \alpha)\sin i\right]}, \tag{2}$$

les indices i et j se rapportant à deux antennes quelconques, e_i étant l'efficacité de l'antenne i, φ_i son déphasage par rapport à une antenne fictive prise comme repère et produisant en Q un champ électromagnétique de phase zéro, β_i l'orientation de la droite qui joint l'antenne i à l'antenne repère.

On voit immédiatement que les propriétés directrices du système tiennent

à la présence des termes tels que

(3) $$2\pi\frac{d_i}{\lambda}\cos(\beta_i-\alpha)\sin i.$$

Il en résulte que l'inclinaison des rayons émis doit, au même titre que la longueur d'onde ou les distances respectives des éléments constitutifs, réagir sur les propriétés directrices.

Quand les rayons se rapprochent de la verticale, i diminue. Il en est de même des termes tels que (3) et l'efficacité du système, au point de vue concentration des ondes, se réduit en général. Au zénith ($i=0$) le système n'est plus du tout dirigé.

Il est facile de faire le calcul complet pour les systèmes les plus usités dans la pratique (réseaux d'antennes en phase implantés en ligne droite, antennes avec réflecteurs paraboliques). Nous en indiquons ici les résultats dans le cas du projecteur Marconi (antenne en rideau avec réflecteur parallèle). Pour un tel système,

(4) $$L=m\frac{\lambda}{\pi d}\frac{\sin\left(\pi\frac{d}{\lambda}\cos\alpha\sin i\right)}{\cos\alpha\sin\alpha}\sin\left[\pi\frac{d'}{\lambda}(1-\sin\alpha\sin i)\right],$$

d, largeur du rideau;
d', distance du rideau au réflecteur;
m, fonction de i dépendant du mode d'excitation des antennes du rideau.

L'angle α est supposé nul quand la direction considérée est dans le plan du système émetteur.

On a sensiblement, pour l'antenne de Bodmin,

(5) $$\frac{d}{\lambda}=14,6, \qquad \frac{d'}{\lambda}=\frac{1}{4}.$$

Pour $i=90°$ (rayons horizontaux), le diagramme représentant L en fonction de α se compose d'un faisceau principal très étroit orienté perpendiculairement au rideau, dans la direction qui va du réflecteur au rideau, et de faisceaux adjacents d'intensité très réduite. A l'opposé de la direction privilégiée, le rayonnement est nul.

A mesure que, partant de l'horizontale, la direction considérée s'incline et se rapproche du zénith, le faisceau principal devient moins intense et plus large, tandis que les faisceaux adjacents prennent plus d'importance et qu'apparait, à l'opposé de la direction privilégiée, un faisceau dont l'inten-

sité augmente et devient comparable à celle du faisceau principal. Ainsi se trouve expliqué le résultat expérimental rappelé ci-dessus.

On trouve dans le tableau suivant, pour différents angles avec les données numériques (5) :

1° Le rapport ξ des amplitudes dans la direction privilégiée et dans la direction opposée;

2° L'ouverture du faisceau principal (angle des deux zéros encadrant la direction privilégiée).

i = angle avec la verticale	90°.	30°.	14°,30.	7°,11.	0°.
$\xi = \dfrac{\text{Amplitude à l'opposé de la direction privilégiée}}{\text{Amplitude dans la direction privilégiée}}$	0	0,42	0,73	0,82	1
Ouverture du faisceau principal	7°50′	15°44′	31°46′	66°20	360°

OPTIQUE. — *Sur la vitesse relative de la Terre et de l'éther avoisinant.* Note de M. E. **Brylinski**, présentée par M. Daniel Berthelot.

On sait (¹) que le professeur Miller, dans de nombreux essais effectués au moyen de son interféromètre de Michelson, est arrivé aux résultats suivants :

A Cleveland (faible altitude) les déviations de l'appareil ont été de l'ordre de la limite inférieure de précision, indiquant une vitesse relative de la Terre et de l'éther au lieu de l'essai ne dépassant pas 2,5 km : sec.

Au mont Wilson (1800^{m} environ d'altitude), les déviations ont été 10 fois plus fortes, indiquant une vitesse relative d'environ 9 km : sec.

MM. A. Picard et E. Stahel viennent (²) de contester ces conclusions; cette contestation résulte d'une confusion qu'il importe de dissiper : les essais de Bruxelles doivent être comparés non aux essais du mont Wilson, mais à ceux de Cleveland, et, bien loin de les contredire, les confirment.

Il est intéressant de préciser cette comparaison. Des éléments donnés par MM. A. Picard et E. Stahel il résulte que la vitesse relative qu'ils ont mesurée à Bruxelles est de 1,7 km : sec., l'erreur possible donnant comme limites de cette valeur 3,5 km : sec. et 0.

(¹) Voir notamment : *La Science moderne*, 3e année, I, 1926, p. 35 à 38, et *Revue générale de l'Électricité*, 20, XXVI, 1926, p. 985 à 988.

(²) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 152.

Si l'on reprend maintenant les résultats obtenus en ballon ([1]) par les mêmes expérimentateurs, on voit qu'à 2500m d'altitude ils ont obtenu une vitesse relative de 7 km : sec (l'erreur possible de l'appareil donnant comme limites de cette valeur 9,8 km : sec et 0) valeur qui, d'ailleurs, est vraisemblablement inférieure au maximum qui aurait pu être relevé au cours des 24 heures.

On voit ainsi que les résultats de Bruxelles confirment ceux de Cleveland et que les résultats des mesures en ballon confirment ceux du Mont Wilson dans toute la mesure où un appareil beaucoup moins sensible que celui de M. Miller peut confirmer les résultats de ce dernier. Bien loin d'être incompatibles avec les résultats de M. Miller, les essais de MM. A. Piccard et E. Stahel en constituent la confirmation.

Il nous paraît intéressant de formuler en terminant une remarque peut-être fortuite, peut-être importante. Des résultats de M. Miller on peut conclure que le rapport des vitesses absolues de l'éther au Mont Wilson et à Cleveland serait sensiblement égal à

$$\frac{0,7}{0,9} = 0,8.$$

Or ce rapport 0,8 est sensiblement celui des pressions barométriques normales en ces deux endroits.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle du brome.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Brillouin.

Nous avons appliqué au brome la méthode d'analyse des spectres d'étincelle déjà utilisée pour plusieurs autres éléments, et en particulier pour le chlore ([2]). Le tube à décharges contient ici un bromure alcalin, généralement le bromure de sodium. La partie du spectre soumise à l'analyse s'étend depuis le rouge jusqu'à l'extrémité de l'ultraviolet ordinaire. Bien que le spectre du brome ait déjà fait l'objet de nombreuses études dont les résultats sont contenus dans le Tome 7 du *Traité de Spectroscopie* de Kayser, nous avons été amenés à reprendre complètement les mesures de longueurs d'onde, qui laissaient à désirer dans plusieurs régions. Nous espérons avoir ainsi facilité pour l'avenir la recherche des régularités spectrales.

Ne pouvant exposer ici les résultats détaillés de nos recherches, nous nous contenterons de signaler les faits suivants :

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 420.

([2]) Léon et Eugène Bloch, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1740.

1° Les raies d'arc sont relativement rares sur nos clichés. Elles paraissent localisées vers les grandes longueurs d'onde. Plusieurs des raies intenses observées par d'autres auteurs sont très faibles ou même invisibles sur nos spectrogrammes et doivent être attribuées à l'atome neutre;

2° Les raies d'étincelle, très nombreuses, s'étendent fort loin dans l'ultraviolet. Elles se divisent nettement en deux groupes d'importance comparable : le premier comprend les raies d'étincelle du premier ordre (spectre E_1), le second les raies d'étincelle du second ordre (spectre E_2). Il est vraisemblable que ces deux spectres doivent être attribués respectivement à l'atome une fois ou deux fois ionisé (Br II ou Br III). Cette classification, qui est nouvelle, porte sur un millier de raies dont plus de la moitié n'avaient pas encore été observées;

3° Un petit nombre de raies, localisées dans l'ultraviolet lointain, appartiennent peut-être à un degré d'excitation plus élevé.

Les deux tableaux suivants donnent la liste des raies les plus intenses des spectres E_1 et E_2. Parmi elles figurent vraisemblablement les raies fondamentales de l'atome une fois ou deux fois ionisé.

Spectre E_1.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
5	6352,94	8	4766,00	6	4236,88	6	2972,22
6	5830,74	10	42,70	8	23,88	6	67,23
9	5589,93	5	35,43	6	4193,46	6	2893,44
10	06,78	8	19,77	6	79,64	6	72,59
7	5495,06	10	04,86	7	40,21	6	2799,00
5	88,79	7	4693,27	6	35,66	6	13,74
6	5332,04	10	78,69	6	17,45	6	09,67
6	5238,23	6	51,99	5	4024,04	5	2690,13
6	5182,36	6	42,03	5	08,76	6	60,49
8	5054,65	5	29,42	5	3997,13	5	56,83
5	38,77	10	12,75	6	80,39	5	2593,76
5	4945,61	6	01,36	7	50,61	6	56,93
8	30,16	5	4558,03	5	39,69	7	41,45
10	28,79	10	42,93	5	35,15	5	24,93
6	21,27	6	38,77	5	29,56	7	21,66
6	4866,70	5	4407,62	7	24,10	7	2488,37
10	48,75	6	4396,40	5	23,55	5	64,81
6	44,86	5	94,97	5	20,65	5	2395,34
15	16,71	10	65,60	5	19,51	5	92,44
6	02,34	6	51,22	10	14,28	8	89,69
20	4785,50	5	07,80	6	3891,63	6	86,74
10	76,42	5	4297,12	7	3659,50	5	37,90
10	67,10	10	91,40	5	06,66		

Spectre E_2.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
6	4579,95	7	3506,46	5	3116,04	5	2719,03
6	19,81	6	3447,36	5	3091,87	5	2694,23
5	16,18	6	17,58	10	74,38	7	58,65
8	06,55	6	14,51	5	56,07	6	26,49
6	4466,35	6	02,42	5	36,38	7	13,11
6	4393,56	8	3397,10	5	33,52	5	10,93
5	84,00	5	85,52	10	20,65	5	08,07
5	4249,89	6	49,64	8	2993,93	6	06,18
6	4014,32	7	33,07	8	68,95	5	03,15
5	3897,53	6	21,03	5	61,07	5	2595,94
5	20,25	5	3282,09	5	36,16	6	89,10
8	3693,47	5	69,93	10	26,86	5	73,14
6	88,86	6	14,52	5	07,70	5	70,80
7	00,71	6	3198,74	5	01,92	5	21,86
10	3562,43	8	74,08	5	01,42	6	20,27
7	51,08	7	67,49	5	00,99	6	2499,25
6	40,16	6	62,75	6	2842,89	5	73,18
7	28,83	8	47,81	5	2770,52		
6	17,36	6	17,32	7	66,73		

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Appareil pour mesurer les vitesses d'absorption des gaz par les liquides.* Note [1] de M. **Paul Riou**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le problème de la mesure des vitesses d'absorption des gaz par les liquides prend tous les jours une plus grande importance. Dans un grand nombre d'opérations industrielles on sépare deux gaz en faisant absorber l'un d'eux par un liquide dans lequel il est soluble, ou avec lequel il réagit chimiquement. Il n'existe pas actuellement d'appareils nous permettant de mesurer exactement, par unité de surface, le volume gazeux absorbé, par un liquide, par unité de temps.

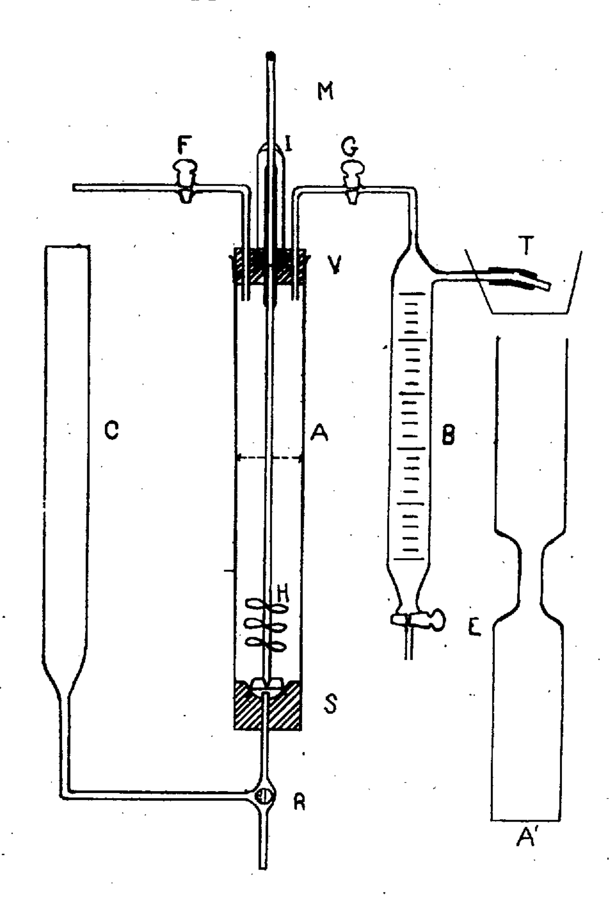
Dans le cours de nos recherches sur les vitesses de réaction, j'ai imaginé un appareil pouvant mesurer exactement la vitesse d'absorption d'un gaz par un liquide avec ou sans réaction chimique.

L'appareil se compose d'un cylindre en verre A, muni d'un agitateur H,

---

(1) Séance du 17 janvier 1927.

actionné par un moteur à vitesse constante. L'étanchéité de l'appareil est assurée par un joint à mercure I. La partie supérieure de la chambre d'absorption est mise en communication avec une burette graduée B. Un robinet G permet de fermer ou d'ouvrir la communication. Un robinet à trois voies R sert, soit à introduire le liquide absorbant contenu dans le récipient C, soit à vider l'appareil. Le robinet F met en communication la



chambre d'absorption avec l'extérieur et sert à introduire les gaz dans l'appareil. Le robinet E sert à vider la burette. La cuvette T est remplie d'eau. La surface de l'eau doit être à la hauteur du niveau supérieur du tube. La surface du vase doit être assez grande pour qu'une absorption de 10^{cm^3} ne modifie pas sensiblement la pression à l'intérieur de la chambre A.

Fonctionnement. — On met l'agitateur en marche, on ferme le robinet G, on ouvre les robinets F et R, et l'on fait passer un courant de gaz pendant

un temps assez long pour que l'appareil soit complètement purgé d'air. On ferme l'arrivée du gaz et l'on tourne le robinet R de façon à faire arriver le liquide du récipient G dans la chambre d'absorption. On doit toujours introduire la même quantité de liqueur absorbante afin que la surface du liquide soit toujours à la même distance des agitateurs. Le robinet F étant ouvert, on est à la pression atmosphérique. Très rapidement on ferme le robinet F et l'on ouvre le robinet G. Le gaz absorbé crée un vide partiel, très petit, qui aspire l'eau du vase T. Cette eau coule le long des parois de la burette B. A l'aide d'un chronomètre, on mesure le temps nécessaire à l'absorption de 5 ou 10^{cm^3} de gaz.

La quantité de liquide, dans la chambre d'absorption, doit être assez grande pour que les variations de concentration soient pratiquement nulles.

Lorsque la vitesse d'absorption est trop grande, la mesure des temps, au chronomètre, est difficile. Dans ce cas on peut diminuer la surface absorbante en remplaçant le tube A par le tube A′ auquel on peut donner la surface désirée. On peut ainsi choisir la vitesse qui convient pour les mesures sans faire varier d'une façon appréciable les volumes de liquide et de gaz employés.

Cet appareil permet de mesurer les vitesses d'absorption avec ou sans combinaison chimique, quelle que soit la grandeur absolue de cette vitesse.

Les expériences que nous avons faites ont donné des résultats concordants et des courbes très régulières.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une nouvelle détermination de la période du polonium.* Note (¹) de M. **Mario A. da Silva**, transmise par M. Jean Perrin.

J'ai eu l'occasion récemment d'exécuter une série de mesures de l'ionisation produite dans l'argon extrêmement pur par les rayons α du polonium.

Ces mesures m'ont permis d'obtenir une nouvelle détermination de la période du polonium dans des conditions qui diffèrent de celles réalisées précédemment et qui paraissent particulièrement favorables.

1° Dans l'argon pur, la saturation du courant est facilement réalisée ainsi qu'il a été indiqué dans une Note précédente (²). Cette saturation est déjà obtenue sous une tension de 50 volts, comme il ressort des courbes de la figure 1;

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

(²) Marcel Laporte et Mario A. da Silva, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 287.

2° On est assuré de la parfaite étanchéité de la chambre d'ionisation, car, ainsi qu'il a été montré dans la Note précédemment mentionnée, la moindre trace de gaz qui se serait introduite aurait déformé considérablement la courbe d'ionisation ;

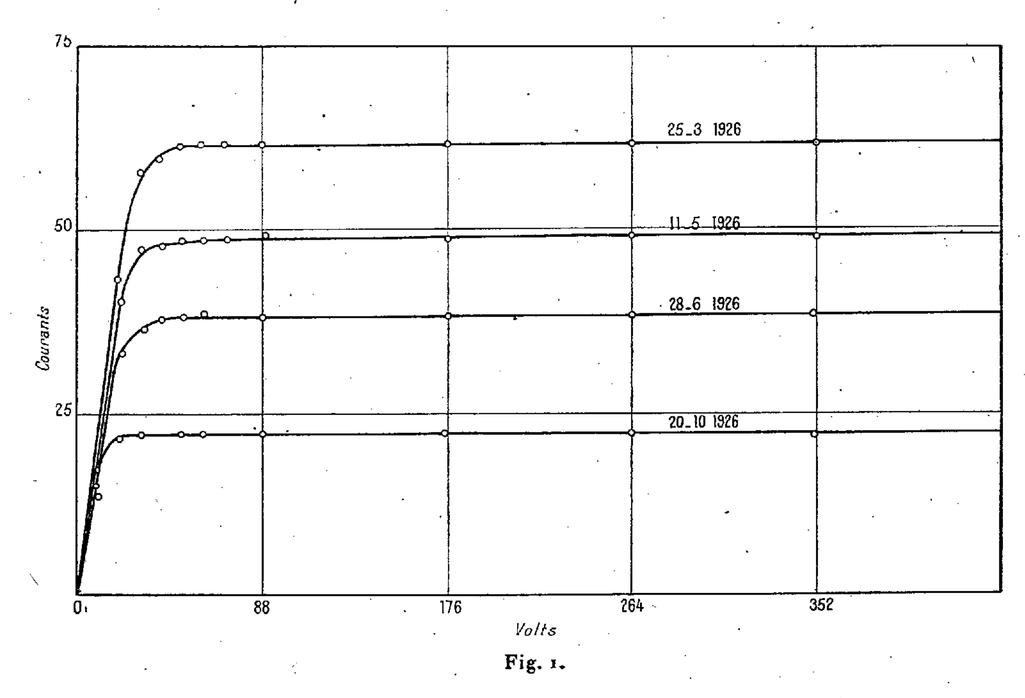


Fig. 1.

3° Le polonium, déposé sur une lame d'argent, était recouvert d'une feuille de mica de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur fixée sur les bords par de la paraffine.

Cette protection du dépôt de polonium est nécessaire pour éviter les projections de substance active, phénomène déjà signalé par Mme Curie [1]. L'usage du mica, qui reste inaltéré sous l'action des rayons, paraît préférable à celui d'une feuille métallique.

Les mesures ont porté sur une durée de huit mois et la courbe logarithmique (*fig.* 2) qu'on en déduit donne la valeur de 140,2 jours pour la période.

Ce nombre est très voisin de celui obtenu par Mme Curie avec une source protégée par une feuille d'aluminium [1] et de celui obtenu par Mlle Maracineanu qui a exécuté à ce sujet une série de recherches en employant

[1] *Journal de Physique et le Radium*, **1**, 1920, p. 12.

comme support de polonium différentes substances [1] et en utilisant, dans certains cas, des écrans de protection; il est, par contre, notablement plus élevé que celui qui est indiqué dans les Tables de Constantes [2].

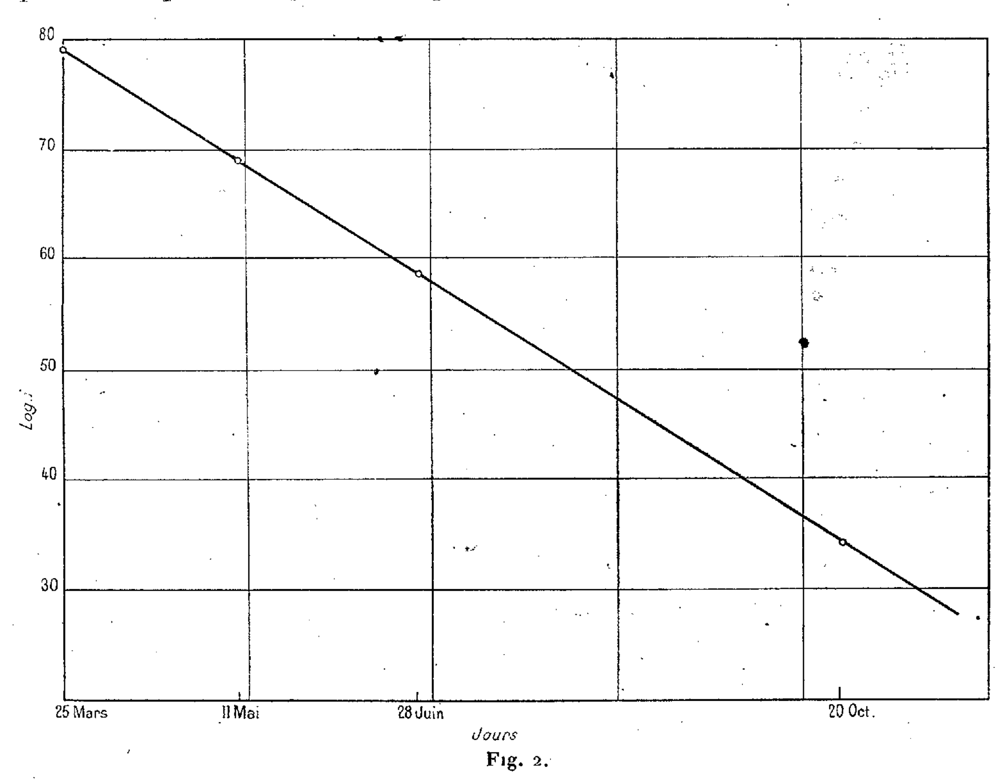


Fig. 2.

Le travail présent me semble un argument en faveur de l'adoption pour la période du polonium d'un nombre très voisin de 140 jours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Températures de transformations magnétiques dans le système fer-sesquioxyde de fer.* Note [3] de MM. **J. Huggett** et **G. Chaudron**, présentée par M. Le Chatelier.

Le fer et son oxyde salin Fe^3O^4 ont des points de transformation magnétiques bien connus. Depuis les travaux récents sur le sesquioxyde [4] et le

(1) Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris, 1924.

(2) Kovarik and L.-W. Mc Keehan, *Bulletin of the National Research Council*, **10**, March 1925, p. 31.

(3) Séance du 8 novembre 1926.

(4) G. Chaudron et H. Forestier, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 763.

protoxyde [1], il nous a paru possible d'explorer dans son ensemble, au point de vue magnétique, le système fer-sesquioxyde de fer. C'est le résultat de cette étude que nous présentons.

Nos mélanges étaient obtenus par réduction du sesquioxyde de fer; ce corps était précipité du nitrate pur par l'ammoniaque, lavé, puis calciné à l'air libre à 750°; il était ensuite réduit par l'hydrogène électrolytique pur, rigoureusement sec, vers 500° et l'eau obtenue était pesée, ce qui permettait d'avoir la teneur en oxygène du mélange. Le produit, finement broyé, était introduit dans une petite ampoule en verre pyrex où l'on faisait le vide et qu'on scellait ensuite; elle était alors portée à 650° pendant 30 heures, conditions que l'expérience nous a montrées suffisantes pour assurer l'homogénéisation du produit.

Pour les mesures, l'ampoule était placée dans la nacelle d'un magnétomètre enregistreur précédemment décrit [2]. Le champ moyen dans l'entrefer de l'électro-aimant étant de 300 gauss et sa variation pour 1^{cm}, environ $\frac{1}{10}$ de sa valeur, la déviation du spot sur la plaque photographique était d'environ $1^{cm},5$ pour 1^{g} de sesquioxyde de fer de susceptibilité 50×10^{-6}. Nous avons dû réduire cette sensibilité à partir des mélanges contenant de l'oxyde magnétique libre en employant seulement $0^{g},1$ de produit et un champ de 50 gauss.

Les températures des anomalies observées sur les courbes enregistrées sont indiquées en ordonnées sur le diagramme; en abscisse, nous portons les rapports de l'oxygène enlevé par réduction à l'oxygène total. Les courbes en traits pleins indiquent les points de transformation magnétique véritables, les courbes en pointillé, les anomalies magnétiques produites par suite de la décomposition du protoxyde en oxyde magnétique et fer ou par la réaction inverse.

Dans le système sesquioxyde de fer-oxyde magnétique, on observe de 1,3 pour 100 jusqu'à 9 pour 100 de réduction, deux points de transformation : l'un à 570° correspondant à Fe^3O^4 et l'autre à 650° qui est celui d'une solution solide saturée de Fe^3O^4 dans Fe^2O^3; ces transformations sont rigoureusement réversibles. (En calcinant à l'air libre du sesquioxyde de fer, par exemple à 1100° pendant 6 heures, on observe un abaissement de son point de transformation d'environ 15°.)

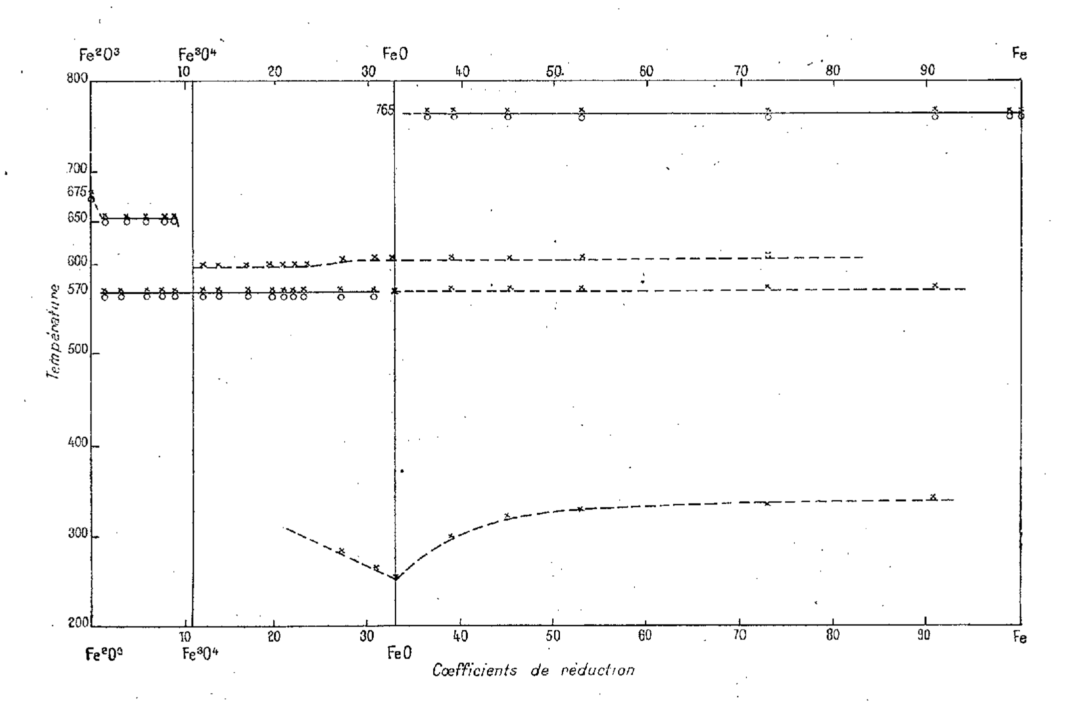
Dans le système Fe^3O^4-FeO, nous avons le point de transformation à 570° dû à Fe^3O^4 et enfin deux courbes en pointillé indiquant l'une la

---

(1) G. Chaudron, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 152.

(2) H. Forestier et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 777.

réaction de décomposition du protoxyde de fer et la seconde, la réaction inverse. Nous n'avons pas pu indiquer sur le diagramme les températures de commencement de décomposition de FeO entre 11 pour 100 et



27 pour 100 de réduction parce que ce phénomène est masqué en partie par une croissance très rapide ([1]) avec la température du magnétisme de l'oxyde Fe^3O^4 contenu dans ces produits.

Dans le système FeO-Fe, on observe le point de transformation du fer à 765°; les lignes pointillées mettent en évidence le commencement de la décomposition de FeO, le point de transformation de Fe^3O^4 dû à cette décomposition et enfin la recombinaison du fer et de l'oxyde magnétique.

([1]) H. Forestier et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 787.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un appareil d'analyse thermique du plâtre.* Note (¹) de MM. **Jolibois** et **Chassevent**, présentée par M. Le Chatelier.

M. Cloez a étudié l'élévation de température qui accompagne la prise du plâtre en plongeant un thermomètre dans la pâte (²).

Nous avons construit un appareil permettant d'éviter le refroidissement par l'air et nous avons interprété les résultats obtenus en utilisant nos

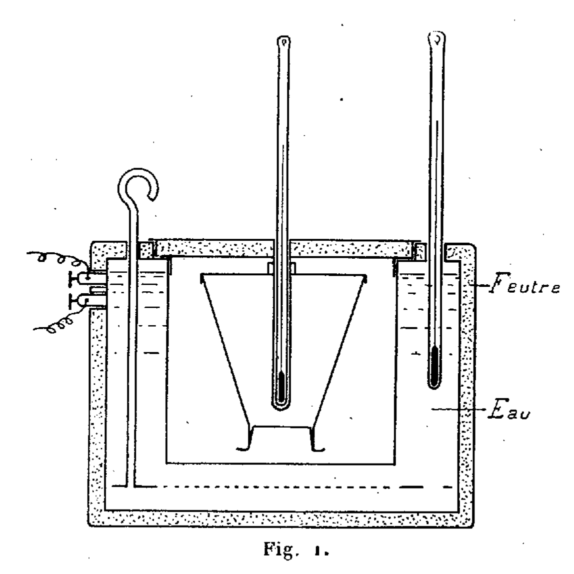


Fig. 1.

recherches antérieures (³). Cet appareil, représenté par la figure 1, se compose :

1° D'un récipient tronconique en laiton d'un poids de 200ᵍ ;

2° D'un tube plongeant dans la pâte et contenant un thermomètre ;

3° D'une enceinte calorimétrique remplie d'eau qui peut être maintenue à la température du plâtre pendant la prise, grâce à un dispositif de chauffage électrique.

Cet appareil permet de tracer sans aucune correction la courbe représen-

(¹) Séance du 17 janvier 1927.

(²) Cloez, *Bull. Soc. chim.*, 29, 1903, p. 171.

(³) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1317 et 1476; 177, 1923, p. 113; 178, 1924, p. 1543; 179, 1924, p. 44; 180, 1925, p. 1029. *Annales de Chimie*, 10ᵉ série, 6, 1926, p. 244 et 313.

tant l'élévation de la température de la pâte de plâtre en fonction du temps. Nous avons étalonné l'appareil en y gâchant d'eau des plâtres préparés à partir de gypse pur précipité. Nous avons ensuite déterminé les courbes

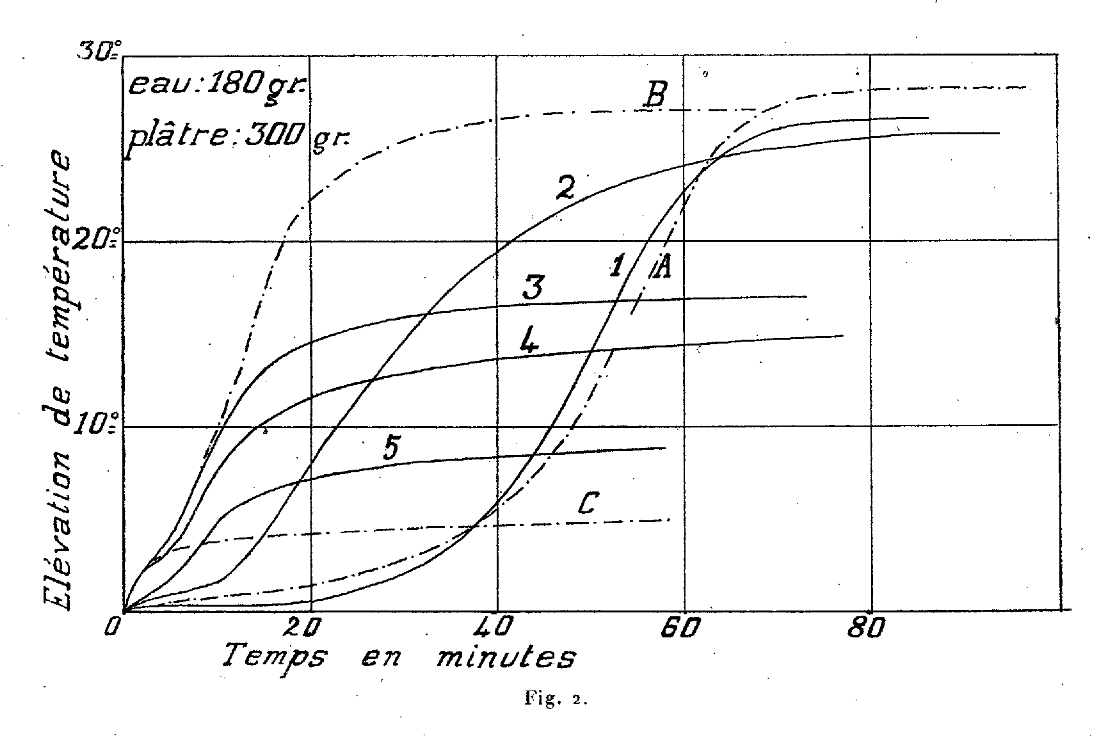


Fig. 2.

calorimétriques de plâtres industriels gâchés à raison de 300^{g} pour 180^{g} d'eau (*fig.* 2).

Courbe A	Semi-hydrate préparé à partir de pierre à 98,2 °/₀ de gypse.
» B	95 °/₀ semi-hydrate précédent et 5 °/₀ de pierre non cuite.
» C............	Anhydre cuit à 450° (même pierre que pour A et B).
» 1............	Plâtre à mouler cuit au four à boulanger.
» 2............	» bâtir » four rotatif.
» 3............	» » » four culée.
» 4............	» » » four culée.
» 5............	» » » four culée.

Il est facile de constater à l'examen des courbes obtenues :

1° Que le plâtre à mouler 1 contenait 90 pour 100 environ de semi-hydrate et était exempt de gypse et de plâtre anhydre. Début de prise : 28 minutes. Hydratation achevée après 80 minutes.

2° Que le plâtre à bâtir 2 contenait un peu de plâtre anhydre cuit au-dessous de 300°. Début de prise 11 à 12 minutes, prise rapide et hydratation sensiblement achevée après 80 minutes.

3° Que les plâtres cuits au four culée contenaient des surcuits et du gypse amorçant la prise (début de prise 2 à 5 minutes). Les plâtres 3, 4 et 5 contenaient une proportion croissante de surcuits ainsi que l'a confirmé la détermination de la quantité d'eau fixée après 24 heures.

	Rapport $\frac{\text{Eau fixée}}{\text{Poids de plâtre}}$ pour 100.	$\frac{\text{Poids d'eau totale combinée}}{\text{Poids de plâtre durci}}$ pour 00.	Résistance à la compression à 24 heures (kg : cm²).
Plâtre 1...........	16,4	19,7	90
» 2...........	15,1	16,4	83
» 3...........	12,2	18,4	60
» 4...........	10,5	15	42
» 5...........	6,9	9,7	20

L'essai thermique classe les plâtres suivant leur résistance à 24 heures, cette résistance étant d'autant plus faible que l'élévation de la température pendant la prise a été plus petite.

En résumé cet appareil permet de déterminer la vitesse d'hydratation du plâtre et par suite de contrôler et de classer les produits industriels suivant leurs propriétés (début de prise, vitesse de transformation en gypse, composition et résistance), que l'on ne peut prévoir que très incomplètement par l'analyse chimique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'ion cupriammonique et sa stabilité.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

La coloration bleue foncée des solutions de sels cuivriques dans l'ammoniaque est due à la formation d'un ion complexe. Les mesures de coefficient de partage et de tension de vapeur entreprises par différents auteurs [1] ont montré que ce complexe est tétrammonié et qu'il est très stable, mais on n'est pas encore parvenu à déterminer cette stabilité.

J'ai pensé que l'étude des mélanges en proportion variable d'une solution cuivrique et d'une solution ammoniacale permettrait de vérifier la formule

---

(1) Voir Abegg, *Handb. d. anorg. Chem.*, 2, I, p. 532. — H. J. de Wijs, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 44, 1925, p. 663.

du complexe et de mesurer la constante d'équilibre de la réaction

$$Cu^{++} + 4NH^3 \rightleftharpoons Cu(NH^3)^{4++} \quad \left(k = \frac{C_{Cu} \times C^4_{NH^3}}{C_{Cu(NH^3)^4}}\right).$$

Cette étude n'est possible que si l'on évite le dépôt d'hydroxyde cuivrique. Il suffit pour cela de faire rétrograder suffisamment la dissociation électrolytique de l'ammoniaque, en opérant au sein d'une solution concentrée d'un sel d'ammonium. Les solutions cupriammoniques étant fortement colorées, il sera avantageux de mesurer le coefficient d'absorption des mélanges pour une longueur d'onde donnée (¹).

J'ai mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre de Féry les absorptions des mélanges à volume constant de nitrate cuivrique et d'ammoniaque, dissous dans une solution concentrée de nitrate d'ammonium. Toutes les mesures ont été faites au voisinage de 16° et pour une longueur d'onde moyenne d'environ 6150 Å, telle que l'absorption des solutions cuivriques pures soit très faible. Les cuves employées avaient 10,5 et 2^{mm} de longueur. Les concentrations moléculaires ont varié, pour le cuivre, de 2.10^{-1} à 10^{-2} et pour l'ammoniaque de 1 à 10^{-1}. Pour chaque série de mélanges, j'ai construit la courbe de leurs absorptions en fonction de leur composition, et s'il était nécessaire, la courbe des écarts avec la droite qui joint les points relatifs aux composants purs. Ces courbes présentent un maximum très accentué.

Pour les mélanges équimoléculaires, ce maximum correspond très exactement à une proportion de 80 pour 100 d'ammoniaque, c'est-à-dire à $4NH^3$ pour 1 Cu. Ce résultat confirme d'une manière frappante la formule $Cu(NH^3)^4$ admise pour le complexe.

Dans le cas des mélanges non équimoléculaires, la détermination de la composition maximum permet de calculer la constante d'équilibre par la formule (²) $k = \frac{\Gamma^4 p^3[(p+4)x-4]^5}{(p-1)^4(4-5x)}$, où x représente cette composition, Γ et $p\Gamma$ les concentrations moléculaires de la solution cuivrique et de l'ammoniaque. La moyenne d'un grand nombre d'expériences donne pour k une valeur voisine de 5.10^{-10}. Cette valeur ne peut être considérée que comme un ordre de grandeur : il est facile de se rendre compte que l'erreur relative commise sur k est d'autant plus grande que cette constante est plus petite.

J'ai vérifié que les résultats restaient identiques à eux-mêmes, que l'on opère en solution de nitrate d'ammonium à 64, 32 ou 16 pour 100, en solution saturée de sulfate d'ammonium et même en solutiou saturée de chlorure

(¹) Voir P. Job, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 928.

(²) P. Job, *loc. cit.*, et *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1108.

d'ammonium [1]. Enfin la constante d'équilibre étant déterminée, il est possible de calculer les absorptions présentées par les mélanges d'une série et de les comparer aux valeurs expérimentales. J'ai fait cette vérification pour les mélanges équimoléculaires à $\frac{1}{5}$ mol par litre dans le nitrate d'ammonium à 32 pour 100. La concordance est excellente.

Il est donc probable que l'ion tétrammonique est le seul ion cupriammonié stable à température ordinaire. Sa constante d'équilibre est à 16° voisine de 5.10^{-10} et l'affinité de l'ammoniaque pour l'ion cuivrique de 12400^{cal} environ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation permanganique de la pyridine et du noyau pyridique.* Note de M. Marcel Delépine, présentée par M. Charles Moureu.

On sait que la pyridine résiste énergiquement à l'action d'oxydants tels que l'acide nitrique ou l'acide chromique, tandis que le permanganate de potassium transforme aisément ses dérivés de substitution carbonée en acides pyridine-carboniques, le noyau pyridique étant respecté. On considère même souvent la stabilité du noyau pyridique comme un argument en faveur de sa structure cyclique et l'on trouve dans la manière d'être des composés pyridiques matière à rapprochements avec les composés benzéniques.

Au cours d'oxydations par le permanganate de potassium en présence de sulfate de pyridine utilisé comme tampon vis-à-vis des alcalis forts, j'ai eu l'occasion d'observer que la résistance de la pyridine était toute relative et, qu'en somme, elle et ses dérivés s'oxydaient aisément dans des conditions appropriées.

En portant à 70° une solution de pyridine dans un mélange de permanganate et d'acide sulfurique normal équivalant au potassium du permanganate (soit d'acide permanganique), on observe un dégagement tumultueux de gaz carbonique avec décoloration de la solution et dépôt d'un précipité noir de peroxyde de manganèse hydraté (de formule MnO^n,

(1) Le complexe chlorocuprique est assez dissocié pour être totalement déplacé par l'ammoniaque. Il paraît en être de même en solution de bromure d'ammonium; mais dès que la concentration moléculaire du cuivre atteint $\frac{1}{50}$, il se dépose du cupridiammoniotétrabromure d'ammonium, sel vert olive, sans doute identique à celui que Sparre et Creanga ont obtenu par une voie détournée (*Bull. Soc. Scien. Cluj*, 2, 1925, p. 244).

avec n variant de 1,90 à 1,99, suivant la composition du milieu). Un excès d'acide plus que suffisant pour que la pyridine soit à l'état de sel laisse à la réaction son cours régulier.

L'azote passe en majeure partie à l'état d'ammoniaque, mais on trouve toujours moins de cette dernière qu'il n'en faudrait par rapport au gaz carbonique dégagé, en supposant l'équation d'oxydation :

$$C^5H^5N + 5,5O^2 = 5CO^2 + NH^3 + H^2O.$$

C'est qu'une partie importante de l'ammoniaque est remplacée par de l'acide azotique. En outre, comme pendant l'oxydation, il se dégage toujours un peu d'oxygène, surtout vers la fin, il en résulte qu'une quantité de permanganate calculée pour fournir $5,5O^2$, en supposant que l'oxyde final soit MnO^2, est toujours insuffisante pour réaliser l'oxydation formulée ci-dessus. On n'oxydera par exemple que les $\frac{4}{5}$ de la pyridine et, sur cette quantité, le quart de l'ammoniaque qu'elle fournit sera remplacé par de l'acide azotique.

Si l'on oxyde de la picoline α pure par les mêmes moyens, il y a également vive réaction : on trouve aisément des quantités considérables d'acide acétique (accompagné d'acide formique). De même, la propyl-4-diméthyl-2.5-pyridine engendre de l'acide butyrique et de l'acide acétique. Enfin, la quinoléine et l'isoquinoléine subissent sans chauffage préalable une vive oxydation avec élévation de température et production d'ammoniaque. La pipéridine s'oxyde également.

La température et l'acidité sont certainement des facteurs efficaces de l'oxydation de la pyridine, car Hinsberg (¹) classe cette base parmi celles qui ne décolorent pas à froid le permanganate à 1 pour 100. J'ai observé qu'à chaud, il y avait une très lente réduction, en l'absence d'acide.

L'attention avait été déjà attirée sur l'oxydabilité du noyau pyridique, mais dans des conditions spéciales dont on avait cru pouvoir déduire quelques conséquences que mes expériences infirment. En solution acide, Tschitschibabin (²) a montré que la benzylpyridine est transformée en acide pyridine-carbonique, tandis qu'en milieu alcalin, il se forme surtout de l'acide benzoïque et des traces seulement d'acide pyridine-carbonique. De même les phénylpyridines α et γ donnent en milieu acide des acides pico-

(¹) A. Hinsberg, *Soc. phys. chim. russe*, 35, 1903, p. 623; d'après *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, 32, 1904, p. 851.

(²) A. Tschitschibabin, *D. chem. G.*, 37, 1904, p. 1373.

lique et nicotique et, en milieu alcalin, de l'acide benzoïque. Tschitschibabin avait cru pouvoir rattacher l'explication de ces différences en se ralliant aux opinions de Vorländer relatives à l'oxydation des composés azotés. D'après Vorländer (¹), en milieu alcalin, l'azote est vulnérable parce qu'il reste trivalent, non saturé, tandis qu'en milieu acide il n'est pas attaquable parce qu'il est devenu quintivalent, c'est-à-dire saturé. Mes expériences aboutissent à des conséquences inverses; on pourrait aussi bien dire : l'azote salifié de la pyridine est attaquable parce qu'il tient moins fortement au carbone et laisse celui-ci vulnérable, tandis que non salifié, il reste fortement attaché au carbone et le protège contre l'oxydation. Ces digressions n'ont d'autre but que de souligner l'impossibilité de généralisations tirées d'un trop petit nombre de faits.

Quant à la formation de quantités considérables d'acide nitrique, on pourrait la rattacher aux faits signalés il y a bien longtemps par Cloez et Guignet (²) et par Péan de Saint-Gilles (³). Ces auteurs ont montré que toutes les fois qu'on oxydait un corps organique azoté par un excès de permanganate à l'ébullition, il y avait production de nitrate. Ces expériences ayant été exécutées en milieu neutre au début (et devenant alcalin carbonaté), les miennes montrent que cette production de nitrate a lieu aussi en milieu acide.

En résumé, le noyau pyridique est oxydé avec la plus grande facilité par l'oxygène emprunté à l'acide permanganique (milieu acide). L'azote se retrouve à l'état d'ammoniaque et d'acide nitrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action des organo-magnésiens sur l'oxyde de cycloheptène.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Pierre Bedos**, présentée par M. Moureu.

Dans de précédentes Communications, nous avons fait connaître l'action des organo-magnésiens sur certains oxydes d'éthylène de la série hydroaromatique tels que l'oxyde de cyclohexène (⁴), l'oxyde de Δ_3-méthylcyclohexène (⁵), l'oxyde de cyclopentène (⁶), et nous avons démontré que

(¹) D. Vorländer, *D. chem. G.*, 34, 1901, p. 1637.
(²) S. Cloez et Guignet, *Comptes rendus*, 46, 1858, p. 1110; 47, 1858, p. 710.
(³) Péan de Saint-Gilles, *Comptes rendus*, 46, 1858, p. 1143.
(⁴) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 461.
(⁵) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1411.
(⁶) *Comptes rendus*, 182, 1925, p. 919.

cette action donnait naissance à des alcools hydroaromatiques secondaires ortho-substitués. Cette méthode nous ayant fourni un ensemble de faits assez intéressants, et désirant la généraliser davantage, nous nous sommes proposés de faire réagir l'iodure de méthylmagnésium sur l'oxyde de cycloheptène : le but de cette Note est de faire connaître les résultats obtenus qui sont, du reste, différents de ceux décrits par nous en mettant en œuvre les oxydes d'éthylène cités plus haut.

En effet, comme on le verra plus loin, l'oxyde de cycloheptène s'isomérise, au contact de CH^3MgI, pour donner transitoirement le cycloheptanone (subérone) qui réagit dès lors pour donner naissance à un alcool tertiaire, le méthyl-1-*ol*-1-cycloheptane :

$$CH^2\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2-CH\\ |\\ CH^2-CH^2-CH\end{array}\right\rangle O \rightarrow CH^2\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2-CO\\ |\\ CH^2-CH^2-CH^2\end{array}\right. \rightarrow CH^2\left\langle\begin{array}{l}\diagup CH^3\\ CH^2-CH^2-C\!-\!OH\\ |\\ CH^2-CH^2-CH^2\end{array}\right.$$

On constate donc une différence très nette entre l'oxyde de cycloheptène et ceux appartenant aux séries cyclopentanique et cyclohexanique. Nous rappellerons du reste que plusieurs chimistes, entre autres Louis Henry (¹), MM. Fourneau et Tiffeneau (²), ont signalé que certains oxydes d'éthylène, homologues de l'oxyde d'éthylène ordinaire, se comportaient ainsi vis-à-vis des organo-magnésiens en s'isomérisant soit en aldéhyde, soit en cétone, alors que l'oxyde d'éthylène lui-même, comme l'a démontré M. Grignard (³), fournit régulièrement l'alcool primaire prévu.

La série assez longue des opérations qui nous a permis d'établir nos résultats est la suivante : 1° oxydation par NO^3H de l'huile de ricin ou plutôt des acides gras provenant de la saponification de cette huile ; 2° séparation par la benzine bouillante des acides azélaïque et subérique engendrés dans cette oxydation, l'acide subérique y étant peu soluble ; 3° décomposition vers 400-450° du subérate de zinc dans un vide partiel et obtention ainsi de la cycloheptanone ; 4° réduction de cette cétone par le sodium en présence de l'éther aqueux et du bicarbonate de sodium, ce qui fournit le cycloheptanol ; 5° déshydratation de cet alcool en présence de l'anhydride phtalique bouillant et obtention ainsi du cycloheptène ; 6° oxydation de ce carbure par la méthode de Prileshajew à l'aide de l'acide perbenzoïque et

(¹) *Comptes rendus*, **145**, 1907, p. 407 et 453.
(²) *Comptes rendus*, **145**, 1907, p. 453, et **146**, 1908, p. 697.
(³) *Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 44.

obtention de l'oxyde de cycloheptène, bouillant à 161°, déjà décrit par Bœseken et Derx [1]; 7° action enfin de CH^3MgI sur cet oxyde.

Cette dernière action se passe du reste d'une façon toute différente de celle signalée par M. Grignard pour l'oxyde d'éthylène et par nous pour les autres oxydes d'éthylène hydroaromatiques. On ne constate pas, après que l'éther a été distillé au bain-marie, même après plusieurs heures de chauffage, que la masse fuse et se boursoufle, indice d'une transposition moléculaire amenant la formation d'alcools primaire ou secondaire. Le traitement ultérieur nous a fourni, avec un excellent rendement, un alcool, bouillant vers 82-83°, sous 20^{mm}, vers 183-184° sous la pression atmosphérique, mais en se déshydratant déjà partiellement dans ce dernier cas. Cet alcool est un alcool tertiaire, car il est identique au méthyl-1-*ol*-1-cycloheptane, obtenu déjà par Wallach [2] par action directe de CH^3MgI sur la subérone elle-même. En effet, déshydraté par chauffage avec $KHSO^4$, il fournit très régulièrement le Δ_1-méthylcycloheptène $CH^2\left<\begin{matrix}CH^2-CH^2-C\diagup^{CH^3} \\ \qquad\qquad\quad \| \\ CH^2-CH^2-CH\end{matrix}\right.$, bouillant vers 137-138°, décrit également par Wallach [$d_{15°}=0,8294$; $n_D^{15°}=1,4581$; R. M. trouvée, 36,19; calculée pour C^8H^{14}, 36,47; nitrosate, P. F. 97-98° [3]; nitrosochlorure, P. F. 106° [3]]. Ces diverses constantes sont en plein accord avec celles données par le chimiste allemand, ce qui confirme l'identité des deux carbures, et, par suite, des deux alcools tertiaires, obtenus par lui et par nous-mêmes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation et les propriétés des lactones l-arabonique et l-ribonique.* Note [4] de M. V. **Hasenfratz**, présentée par M. Charles Moureu.

Les lactones *l*-arabonique et *l*-ribonique correspondent à deux acides monobasiques qui ne diffèrent que par la configuration du groupement CH OH voisin du carboxyle. Représentées par une chaîne linéaire de cinq atomes de carbone, elles possèdent une liaison lactonique et le même

(1) *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, 4e série, 40, 1921, p. 529.

(2) *Annalen der Chemie*, 345, 1906, p. 139.

(3) Ces points de fusion sont pris au bloc Maquenne en élevant très lentement la température.

(4) Séance du 17 janvier 1927.

nombre d'oxhydriles alcooliques libres qui entraînent certaines propriétés chimiques communes; par contre, la différence de leur structure stéréochimique fait apparaître des caractères particuliers à chacune de ces lactones.

I. Le *l*-arabinose qui sert à leur préparation a été obtenu par hydrolyse sulfurique de la gomme du cerisier, suivant la méthode de Kiliani (1). J'ai préparé la lactone *l*-arabonique en modifiant avantageusement le procédé de Bauer (2). La solution aqueuse de *l*-arabinose est oxydée par le brome; la liqueur incolore obtenue après élimination de l'excès de brome est neutralisée par la potasse, puis additionnée de chlorure de calcium cristallisé. Il ne tarde pas à se déposer une abondante cristallisation d'arabonate de calcium parfaitement blanc. Ce sel, recueilli, est ensuite décomposé par l'acide oxalique et la solution d'acide *l*-arabonique, séparée de l'oxalate de calcium, est concentrée dans le vide. Le sirop de lactone *l*-arabonique obtenu cristallise spontanément du jour au lendemain.

L'isomérisation de l'acide *l*-arabonique en acide *l*-ribonique a été réalisée pour la première fois par E. Fischer et Piloty (3), mais l'application de leur méthode est laborieuse. Elle nécessite le chauffage en autoclave, à 130°, d'une solution aqueuse à 10 pour 100 d'acide *l*-arabonique, puis une succession de longues opérations. Le procédé que j'ai employé permet d'opérer à *la pression ordinaire* en présence d'une petite quantité d'eau et de réduire au minimum le nombre des opérations qui conduisent à l'isolement de la lactone *l*-ribonique.

Dans un ballon ordinaire, on chauffe pendant trois heures, au réfrigérant à reflux, 500g de lactone *l*-arabonique, 280g de pyridine et 65g d'eau. La solution brune obtenue est étendue d'eau, traitée par un lait de chaux, puis distillée dans le vide, dans le but d'éliminer la pyridine. Après filtration, la liqueur chaude laisse déposer, par refroidissement, une abondante cristallisation d'arabonate de calcium; l'eau mère concentrée en fournit une seconde récolte. Le sirop brun résiduel contient la totalité de l'acide *l*-ribonique à l'état de sel de calcium qu'on décompose par l'acide oxalique employé en quantité convenable. La solution d'acide *l*-ribonique, séparée de l'oxalate de calcium, est chauffée à l'ébullition avec de l'oxyde de cadmium. Après neutralisation, on décolore au noir et l'on filtre. La solution aqueuse chaude, incolore, additionnée du cinquième de son volume d'alcool, laisse déposer de longues aiguilles fines de ribonate de cadmium. Ce sel, dissous dans l'eau, est décomposé par H^2S et le

(1) Kiliani, *D. ch. G.*, 19, 1886, p. 3029.

(2) Bauer, *Journ. f. prakt. Ch.*, 34, 1886, p. 47.

(3) E. Fischer et Piloty, *D. ch. G.*, 24, 1891, p. 4216.

liquide, séparé du sulfure de cadmium, est concentré jusqu'à sirop. La lactone *l*-ribonique ne tarde pas à cristalliser. On obtient par ce procédé 75g de lactone *l*-ribonique et l'on récupère 340g de lactone *l*-arabonique non transformée.

Dissoute dans deux fois son poids d'alcool chaud, la lactone *l*-ribonique cristallise par refroidissement en longs prismes incolores fondant à 84°-86° (E. Fischer avait indiqué 72°-74°).

II. Sous l'action de la chaleur les lactones *l*-arabonique et *l*-ribonique fournissent les mêmes produits de décomposition. Lorsqu'on les chauffe, il distille un corps huileux qui ne tarde pas à se concréter en une masse cristalline représentant 35 pour 100 du poids de lactone employée. Cette masse cristalline est un mélange de deux isomères : l'*acide pyromucique* et l'*acide isopyromucique* $C^5H^4O^3$; sous l'action de l'alcool chlorhydrique l'acide pyromucique se transforme en pyromucate d'éthyle, insoluble dans l'eau, tandis que l'acide isopyromucique reste inaltéré. Celui-ci a été caractérisé par la coloration verte intense qu'il donne avec le perchlorure de fer et par la formation de son dérivé benzoylé.

M. Chavanne (1) avait déjà obtenu les acides pyromucique et isopyromucique en chauffant un mélange intime de lactone *l*-arabonique et de *bisulfate de potassium;* dans ces conditions, le rendement en produit cristallisé brut était faible et variait entre 7 et 9 pour 100 du poids de lactone.

L.-J. Simon (2) et moi avons montré que la lactone *l*-arabonique fournit aisément des dérivés cristallisés. C'est ainsi qu'elle s'éthérifie par simple dissolution dans les alcools méthylique et éthylique absolus; au contraire, toutes les tentatives que j'ai faites pour obtenir les éthers correspondants de la lactone *l*-ribonique ont échoué.

Le dérivé triacétylé de la lactone *l*-arabonique est bien cristallisé; par contre, celui de la lactone *l*-ribonique est un sirop incolore, insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther.

Sous l'action du chlorure de benzoyle, en présence de pyridine, la lactone *l*-arabonique donne un dérivé dibenzoylé, P. F. 200°, et un dérivé tribenzoylé, P. F. 120°; là encore, je n'ai obtenu que le dérivé tribenzoylé de la lactone *l*-ribonique $C^5H^5O^5(C^7H^5O)^3$, fines aiguilles incolores, peu solubles dans l'alcool froid, solubles dans l'alcool chaud et dans la benzine. Son pouvoir rotatoire en solution benzénique est $[\alpha]_D = +11°,1$.

En résumé, on voit qu'il est possible d'obtenir les lactones *l*-arabonique

(1) G. Chavanne, *Ann. Phys. Chim*, 8e série, 3, 1904, p. 563.
(2) L.-J. Simon et V. Hasenfratz, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1165.

et *l*-ribonique par des procédés qui présentent de réels avantages pratiques sur ceux qui ont été décrits jusqu'ici. Il convient également de retenir que les deux lactones, soumises à l'action de la chaleur, donnent un mélange d'acides pyromucique et isopyromucique et que la lactone *l*-arabonique forme aisément des éthers méthylique et éthylique, tandis qu'il n'a pas encore été possible d'éthérifier la lactone *l*-ribonique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les accolements réguliers de sels cubiques sur le mica.* Note de M. **L. Royer**, présentée par M. Pierre Termier.

Le réseau plan de la face de clivage p (001) du mica présente une pseudo-symétrie hexagonale très approchée ; sa plus petite maille peut être définie par un rectangle centré dont les paramètres absolus sont 5,15 Å suivant la rangée [100] et 8,92 Å dans la direction [010]. D'autre part les sels cubiques ont dans le plan octaédrique un réseau sénaire. Grâce à cette identité géométrique des réseaux plans de la face p (001) du mica d'une part et de la face a^1 (111) d'un sel cubique d'autre part, il peut y avoir accolement régulier entre ces deux substances dans les cas où leurs paramètres correspondants ont des valeurs voisines.

Ces accolements peuvent se faire suivant deux modes faciles à prévoir et différant entre eux par une rotation de 90°.

Dans les deux cas la face a^1 (111) du sel cubique coïncide avec le plan p (001) du mica ; en outre, dans le premier, une diagonale de la face du cube a même direction que la rangée [100] du mica, de sorte qu'un plan a^2 (112) du sel cubique est parallèle au plan de symétrie g^1 (010) du mica. C'est suivant cette loi que se déposent les cristaux orientés de KCl, KBr et KI sur le mica et signalés par Frankenheim [1], de même que les cristaux orientés de AmI décrits par Gaubert [2]. Enfin, comme nous avons pu le constater, c'est encore cette orientation que prennent les cristaux de NaI, AmCl, AmBr, RbCl, RbBr et RbI, quand ils se déposent sur un clivage frais de mica.

Dans le second mode d'accolement d'un sel cubique sur le mica la face a^1 (111) du sel vient encore s'accoler sur le plan p (001) du mica ; mais la diagonale de la face du cube coïncide cette fois avec la rangée [010] du

---

(1) FRANKENHEIM, *Poggendorfs Annalen*, 37, 1836, p. 521.

(2) GAUBERT, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 856.

mica, de sorte qu'un plan b^1 (011) est parallèle au plan de symétrie g^1 (010) du mica. Aucun exemple d'un tel accolement n'a été signalé jusqu'ici. Nous avons pu l'observer en faisant cristalliser une solution de zincicyanure de potassium $K^2Zn(CN)^4$ sur un clivage frais de muscovite. Les paramètres correspondants sont très voisins dans les deux espèces : pour la diagonale de la face du cube du zincicyanure de potassium 8,87 Å, et 8,92 Å pour la rangée [010] du mica.

En faisant cristalliser sur un même clivage de mica de l'iodure d'ammonium et du zincicyanure de potassium, on réalise les deux modes d'accolement possibles : les deux sels donnent des pointements cubiques à contours triangulaires orientés sur le mica; mais les triangles d'iodure d'ammonium sont tournés de 90° par rapport aux triangles de zincicyanure de potassium.

Parmi les sels haloïdes des métaux alcalins qui s'accolent d'une manière régulière sur le mica, le chlorure de potassium montre une particularité remarquable. La valeur de son paramètre (4,42 Å) dans la face a^1 (111) est d'une part encore assez voisine de celle de la rangée [100] du mica (5,07 Å) pour permettre l'accolement signalé par Frankenheim, et d'autre part elle est presque exactement égale au demi-paramètre de la rangée [010] du mica (4,46 Å). Cela nous a conduit à rechercher si KCl ne donnait pas, outre l'accolement analogue aux autres sels haloïdes alcalins, un accolement semblable à celui du zincicyanure de potassium.

C'est bien ce qui a lieu, et dans toute une série de préparations nous avons pu observer les deux sortes d'accolement réalisées par KCl. Il semble néanmoins que l'orientation du type zincicyanure de potassium se fasse plus rarement que celle du type iodure d'ammonium. C'est peut-être là la raison pour laquelle elle a échappé jusqu'ici aux observations.

Le zincicyanure de potassium ayant un paramètre double de celui du chlorure de potassium, il existe dans tous les plans réticulaires de KCl une maille plane multiple qui coïncide en forme et en dimensions avec la plus petite maille plane du plan réticulaire correspondant de $K^2Zn(CN)^4$. Aussi est-ce un fait très remarquable que le zincicyanure de potassium, dont le paramètre est double de celui de KCl et la structure différente, se dépose en cristaux orientés parallèlement sur n'importe quelle face d'un cristal de chlorure de potassium, exactement comme le font les sels haloïdes tels que NaCl ou KBr dont le paramètre et la structure sont les mêmes que ceux de KCl. C'est là un exemple de l'orientation mutuelle déterminée par des mailles multiples.

PÉTROGRAPHIE. — *Les roches cristallines et volcaniques du centre du désert de Libye.* Note de M. **N. Menchikoff**, présentée par M. Émile Haug.

Au cours de l'expédition de S. A. S. le Prince Kemal-el-Dine Hussein dans le désert de Libye, en 1925-1926, j'ai pu faire quelques observations sur les roches cristallines et volcaniques, dans la région d'Ouenat ([1]).

Dans une Note récente ([2]), j'ai indiqué le mode de gisement de ces roches et leurs relations avec les terrains environnants.

D'après l'étude au microscope et les analyses chimiques, on peut répartir les roches d'Ouenat en trois groupes.

1° Roches cristallophylliennes, représentées surtout par des leptynites alternant avec des bancs d'amphibolites feldspathiques.

2° Roches grenues : granites alcalins à ægyrine, syénites quartzifères alcalines à amphibole sodique (lanéite) et diorites quartzifères à hornblende.

3° Roches volcaniques : rhyolites et trachytes alcalins du Dj. Kissou, phonolites à ægyrine et basaltes du Dj. Ouenat.

Les leptynites sont leucocrates et riches en quartz. On y trouve souvent de la microperthite fusiforme (feldspath potassique renfermant des fuseaux d'albite), du microcline, de l'oligoclase acide. Accessoirement on voit un peu de biotite ou de grenat. Ces roches ont subi un certain écrasement.

Les amphibolites sont essentiellement composées de hornblende verte, d'augite et d'andésine. On trouve toujours un peu de quartz, d'hypersthène, de biotite, de magnétite et d'apatite, parfois de grenat. Dans certains types, le quartz et l'andésine prédominent sur les éléments colorés et la roche passe à un véritable gneiss.

Les granites et les syénites sont assez pauvres en éléments colorés et sont toujours à ægyrine ou à lanéite.

Les diorites quartzifères sont à hornblende, certains cristaux d'andésine, parfaitement automorphes, sont bien zonés (on peut signaler jusqu'à 250 zones successives).

([1]) M. Moon signale des roches éruptives d'Ouenat parmi les échantillons rapportés par Hassanein bey de son voyage en 1923. F. W. Moon, *Note on the Geology of Hussein Bey's Expedition Sollum-Darfur* 1923 (*The Geographical Journal*, 64, nov. 1924, p. 388-393).

([2]) N. Menchikoff, *Observations géologiques faites au cours de l'expédition de S. A. S. le Prince Kemal-el-Dine Hussein dans le désert de Libye*, 1925-1926 (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1047-1049).

Les rhyolites et les trachytes quartzifères sont leucocrates; l'élément coloré qu'ils contiennent est de l'ægirine ou de l'amphibole sodique. Les phonolites à ægyrine et à amphibole sodique sont riches en néphéline. Les andésites, riches en phénocristaux d'andésine, sont à hornblende. Le plagioclase, calculé d'après l'analyse chimique, contient 28 pour 100 d'anorthite. L'analyse chimique des basaltes met en évidence le déficit de silice, mais les feldspathoïdes ne sont pas exprimés; le plagioclase est à 41 pour 100 d'anorthite. L'olivine est abondante.

Les roches cristallophylliennes sont plissées et forment le soubassement; les roches grenues sont en massifs intrusifs au milieu des roches cristallophylliennes; les filons de roches volcaniques traversent les deux séries et pénètrent dans les grès de Nubie. On voit, en certains endroits, dans la leptynite, des filonnets de granite à grain très fin.

Voici une série d'analyses de ces roches faites par M. Raoult.

1.	Leptynite	I.4.1.3(4)	dj. Ouenat
2.	Leptynite avec un peu de biotite	I.4.(1)2.3′	dj. Ouenat
3.	Amphibolite feldspathique	(II) III.5.3.4′['2.1.2.2]	dj. Ouenat
4.	Granite alcalin à ægyrine	(I) II.4 1.3	dj. Ouenat
5.	Syénite quartzifère à lanéite	I(II).(4)5.1.′4	dj. Kissou
6.	Diorite quartzifère	II.′5.2(3).4[2.1.2.(2)3]	dj. Ouenat
7.	Rhyolite alcaline	I.4(5).1.4	dj. Kissou
8.	Trachyte porphyrique à ægyrine	I.5.1′.4	dj. Kissou
9.	Trachyte à ægyrine	′II.5.1.′4	dj. Kissou
10.	Phonolite à ægyrine	I.6.1 4	dj. Ouenat
11.	Andésite à andésine	II.5.2(3).4[3.1.2′.3]	dj. Ouenat
12.	Basalte (β) andésitique à olivine	′III.5.3.4′[2′.2.2.(2)3]	dj. Ouenat

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
SiO^2	73,68	73,06	53,24	71,08	66,62	56.34	66,92	63,78	63,44	57,68	52,56	46
Al^2O^3	14,18	14,85	15,70	11,46	15,50	15,28	16,60	17,14	15,40	20,32	17,12	14
Fe^2O^3	0,16	0,11	3,92	5,08	2,14	2,82	3,22	3,34	3,86	1,75	4,46	5
FeO	0,51	0,41	4,84	0,41	2,14	4,79	0,41	1,68	2,90	1,07	4,18	7
MnO	0,04	traces	0,12	0,05	0,10	0,11	0,09	0,17	0,18	0,33	0,11	0
MgO	0,07	traces	6,49	traces	0,28	4,06	0,11	0,42	0,32	0,14	2,76	6
CaO	1,06	1,32	9,56	0,76	0,88	6,92	0,56	1,00	0,78	1,00	6,92	9
Na^2O	4,98	4,57	3,48	5,19	6,46	4,42	6,59	6,76	7,37	8,95	5,06	3
K^2O	4,78	4,87	1,01	4,78	4,93	2,18	3,49	4,51	4,76	5,43	2,22	1
TiO^2	0,05	0,04	0,74	0,38	0,34	1,02	0,30	0,72	0,68	0,24	2,20	2
P^2O^5	0,06	0,12	0,16	0,05	0,08	0,32	0,11	0,18	0,08	0,09	0,46	0
H^2O^+	0.40	0,45	0,56	0,71	0,50	0,34	1,27	0,38	0,30	3,17	0,60	1
H^2O^-	0,13	0,35	0,15	0,43	0,12	0.26	0,28	0,19	0,21	0,12	0,21	0
CO^2	–	–	–	–	–	1,26	–	–	–	–	1,50	
Totaux	100,10	100,15	99,97	100,38	100,09	100.12	99,95	100,27	100,28	100,29	100,36	99

Les roches alcalines prédominent dans la région, mais on trouve également des représentants de roches calco-alcalines.

Tandis que dans les leptynites la potasse et la soude sont en quantités à peu près égales, dans toutes les autres roches la soude prédomine sur la potasse, surtout dans les types qui sont plus pauvres en silice.

GÉOLOGIE. — *Compléments sur la géologie du Col d'Anterne et du cirque des Fonts (Alpes de Sixt, Haute-Savoie).* Note de MM. **Léon W. Collet** et **R. Perret**, présentée par M. Pierre Termier.

Contact de l'autochtone et de la nappe au sud et au nord-est du Col d'Anterne. — Dans le torrent de Suet, au nord-est des chalets d'Ayère-dessous, le Trias est le seul représentant des sédiments mésozoïques autochtones des Aiguilles Rouges. Il repose sur du Permien et supporte la nappe de Morcles, débutant par de l'Aalénien. Au commencement de la gorge, le Trias supporte quelques centimètres de schistes noirs, recouverts par du Permien mylonitisé (0-2^m); la nappe débute au-dessus de ce dernier par des schistes du Lias très plissés. Plus en amont, au milieu de la gorge, l'autochtone se compose d'une série normale de Trias, Argovien et Malm, supportant une écaille de Trias et de Malm autochtones. Cette dernière est recouverte par la nappe, qui débute ici par de l'Aalénien très laminé. Plus loin, on voit apparaître sporadiquement, sur la rive droite du torrent, du Trias et du Malm autochtones. Au droit des « bassins » du Chemin du Col d'Anterne, la nappe débute par de l'Aalénien reposant sur le Malm autochtone. Enfin, toujours sur rive droite, à 400^m au sud de la Cantine de Moëde (Carte Perret), la nappe débute par du Toarcien et une faible épaisseur de calcaires zonés du Lias moyen (l'épaisseur de ce Lias moyen ne dépasse pas 5^m) qui supportent l'Aalénien.

Dans le premier ravin, à l'est de la Cantine de Moëde, l'autochtone est formé par du Trias et du Malm, supportant des calcaires zonés du Lias moyen de la nappe. Plus loin, de l'Aalénien s'intercale entre le Lias moyen de la nappe et le Malm autochtone; ce contact se poursuit jusqu'au-dessus des chalets de l'Écuelle. Au-dessus des chalets de Villy, le Lias moyen forme le contact de la nappe avec les calcaires dolomitiques du Trias autochtone.

Au col de Salenton, la nappe débute par du Lias supérieur qui repose sur une série autochtone comprenant, de bas en haut, du Trias, de l'Argovien calcaire, de l'Argovien schisteux et du Malm.

Au col du Vieux, on trouve sur le Malm autochtone très écrasé la nappe débutant par du Lias moyen calcaire qui supporte de l'Aalénien et du Dogger. Sur le versant ouest un coin de cristallin a crevé la carapace de Trias.

Cirque des Fonts. — Au nord des chalets des Fonts, au sud-ouest du point 1317 (Carte Perret), on voit, sur les bords du torrent, du *Malm* qui, bien qu'intensément laminé, est parfaitement reconnaissable. En remontant le lit du torrent, on voit apparaître, dans le torrent même, entre les points 1317 et 1363 (Carte Perret) des cargneules et des calcaires dolomitiques du Trias. *Ce Trias et ce Malm, signalés pour la première fois, appartiennent à l'autochtone.* Le plan de chevauchement de la nappe est bien visible sur la rive droite du torrent, séparant le Malm autochtone écrasé du Dogger très étiré par lequel débute la nappe. Il n'y a pas trace de Lias sur ce versant du cirque. Au pied des parois du Buet, par contre, on trouve du Toarcien et de l'Aalénien peu épais, qu'un plan de chevauchement très net sépare du Dogger. Il n'y a donc pas d'autochtone de ce côté du cirque, et le plan de chevauchement que nous venons de noter indique un décollement du Dogger sur l'Aalénien. Si le Lias manque sur l'autre versant du cirque, au-dessus de l'autochtone, c'est qu'il a été laminé par l'avancée du Dogger, dont l'épaisseur considérable (500-600^{m}) est due à des replis.

La gorge du torrent des Fonts, sous les chalets de Fardelet. — Nous avons pu suivre la gorge du torrent des Fonts dans toute sa longueur, en aval du pont qui relie les chalets de Fardelet à ceux des Pellys. Elle est creusée dans le Malm qui se relie vers l'amont au Malm du synclinal qui fait suite à l'anticlinal des Faucilles du Chantet. Ce Malm du torrent des Fonts dessine une charnière anticlinale au pied de la cascade inférieure du Rouget. Les raccords entre les plis du Chantet et ceux du Grenier de Commune (Carte Perret) et du Buet s'établissent ainsi facilement. Le synclinal inférieur du Chantet, grâce à une forte montée d'axe vers le NE, se retrouve au-dessus de la Cantine du Grenier et se poursuit jusque dans la combe entre le Grenier de Commune et le Buet. L'anticlinal de Malm de Chantet formait, vers le NE, la carapace du Dogger du Buet.

Les levés de cette révision seront communiqués à M. Léon Moret pour l'élaboration de la deuxième édition de la Feuille *Annecy* de la Carte géologique de la France. Ils modifient, en effet, les contours de la Carte géologique publiée en 1910 par l'un de nous [1].

---

[1] Léon-W. Collet, *Les Hautes Alpes Calcaires entre Arve et Rhône* (*Mém. Soc. Phys. et Hist. nat. de Genève*, **36**, 1910, p. 509; Carte hors texte).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le sud-ouest du Massif Central.* Note de M. **Albert Baldit**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. Les mesures actuelles, suite de nos déterminations de 1921-1922 [1], de 1923 [2] et de 1924 [3], ont été effectuées pendant les mois d'août, septembre et octobre 1925; elles intéressent trois départements, Cantal, Corrèze, Lot, et 42 stations dont 7 avaient déjà été visitées par Moureaux, 11 par Mathias, 3 par Mathias et Moureaux; 21 sont nouvelles. Toutes les mesures ont été doublées, sauf 5 inclinaisons.

Le Tableau suivant donne les valeurs des éléments ramenés au 1er janvier 1922. Les noms des stations nouvelles figurent en italique.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
		Département du Cantal.		
	° ′	° ′		
Allanche	11.15,4	61.07,5	0,21720	un peu agitée
Aurillac	11.48,1	61.03,2	0,21692	presque calme
Champs	11.33,4	61.39,9	0,21352	calme
Chaudesaigues	11.17,6	61.06,3	0,21627	presque calme
Laroquebrou	11.40,8	61.21,4	0,21489	calme
Lioran (le)	11.37,7	"	"	calme
Marcenat	10.58,7	61.26,9	0,21465	presque calme
Massiac	11.09,3	61.26,2	0,21436	agitée
Mauriac	11.31,6	61.22,5	0,21611	calme
Maurs	11.38,7	61.05,9	0,21631	calme
Monsalvy	11.32,6	61.03,6	0,21653	calme
Murat	11.27,4	60.51,7	0,21428	calme
Pléaux	12.54,0	62.40,1	0,21024	calme
Riom-ès-Montagne	10.29,8	61.00,8	0,21500	presque calme
Vic-sur-Cère	11.32,8	61.02,0	0,21621	agitée
		Département de la Corrèze.		
Beaulieu-sur-Dordogne	11.54,9	61.25,7	0,21465	agitée
Bort	11.33,7	61.41,5	0,21300	calme
Brive	12.00,3	61.35,9	0,21407	calme
Egletons	11.47,8	61.46,8	0,21291	un peu agitée
Eygurande	11.40,0	61.54,7	0,21180	presque calme
Lubersac	12.19,6	61.55,1	0,21250	un peu agitée

(1) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 827.
(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1568.
(3) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1410.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Département de la Corrèze (suite).				
Saint-Bonnet-Elvert	11°.49′,6	61°.34′,2	0,21402	presque calme
Treignac	11.56,1	61.53,0	0,21231	presque calme
Tulle	11.53,7	61.40,2	0,21339	calme
Turenne	11.54,6	61.30,0	0,21447	presque calme
Ussel	11.41,9	61.51,6	0,21240	calme
Uzerche	12.00,0	61.53,2	0,21251	calme
Vignols	"	61.46,8	0,21263	presque calme
Département du Lot.				
Bourg (le), près Lacapelle-Marival.	11.40,3	61.03,8	0,21648	presque calme
Cahors	11.55,4	60.54,2	0,21752	un peu agitée
Cajarc	11.44,3	60.56,9	0,21721	calme
Figeac	11.54,2	61.01,6	0,21668	calme
Gourdon	12.02,7	61.13,9	0,21576	agitée
Gramat	11.50,7	61.17,4	0,21525	un peu agitée
Labastide-Murat	11.56,5	61.09,6	0,21613	calme
Lalbenque	11.54,3	60.48,2	0,21792	un peu agitée
Luzech	12.01,1	60.54,6	0,21713	calme
Montcuq	12.01,8	60.52,0	0,21739	un peu agitée
Puy-l'Évêque	12.02,5	61.00,6	0,21689	presque calme
Saint-Céré	11.42,2	61.17,3	0,21535	calme
Saint-Géry	11.50,5	60.56,7	0,21646	calme
Tronquière (la)	11.43,2	61.11,6	0,21562	un peu agitée

2. Ces mesures comparées à celles de Moureaux donnent la variation séculaire des éléments magnétiques entre le 1er janvier 1896 et le 1er janvier 1922 pour l'ensemble des deux départements de la Corrèze et du Lot (nous avons en effet exclu de ce calcul les stations du Cantal qui présentent toutes des anomalies) :

Déclinaison (4 stations communes)	+2°54′,5
Inclinaison (6 stations communes)	−0°49′,2
Composante horizontale (6 stations communes)	+0,00308

Comparées aux mesures de Mathias qui se rapportent toutes au Lot, elles donnent pour la variation séculaire dans ce département :

Déclinainon (11 stations communes)	−2°54′,8
Inclinaison (10 stations communes)	−0°50′,1
Composante horizontale (11 stations communes)	+0,00309

3. Les plus fortes anomalies se rencontrent dans le Cantal où nos mesures

indiquent des perturbations extrêmement fortes qui doivent s'ajouter à celles déjà connues. A Pléaux, et à Riom-ès-Montagne, la déclinaison est anormale de 1° en chiffres ronds.

Ces anomalies rendent difficile, en l'absence de repères précis, la détermination de la variation séculaire. A Aurillac, où les résultats de Moureaux annoncent des valeurs régulières pour les trois éléments, nos mesures effectuées en un point très peu éloigné, aboutissent à des valeurs déjà troublées. A Mauriac, au contraire, en un point cependant voisin de celui de Moureaux, nos mesures redressent en grande partie une forte anomalie. Pour donner une idée des variations considérables auxquelles on doit s'attendre dans une région perturbée, nous indiquerons qu'à Aurillac, des valeurs de H mesurées en deux points éloignés de 1^{km} l'un de l'autre diffèrent de 140 unités du quatrième ordre.

En dehors de ces anomalies, il y a lieu de signaler dans le Lot la région s'étendant de Capdenac à Saint-Céré comme formant un îlot sensiblement troublé, et à l'extrémité nord-ouest de la Corrèze où l'ensemble des stations est régulier, une valeur anormale, mais, probablement isolée de la déclinaison.

OCÉANOGRAPHIE. — *Transparence de l'eau de mer pour l'ultraviolet lointain.* Note de M. **K. Tsukamoto**, présentée par M. A. Cotton.

A ma connaissance, la transparence de l'eau de mer pour l'ultraviolet a été peu étudiée. Soret (¹) est probablement le seul physicien qui ait travaillé sur ce sujet. Il a trouvé que l'eau de mer, sous une épaisseur de 1^{cm}, laisse passer toutes les radiations jusqu'à la raie Cd 2140 Å et sous une épaisseur de 116^{cm} seulement jusqu'à la raie Cd 3290 Å.

Il était intéressant de reprendre cette étude d'une façon plus précise et de rechercher la cause de l'absorption. J'ai étudié trois échantillons d'eau de mer, puisés à 15 milles de Roscoff : le premier à la surface de la mer, le deuxième à 3^m et le troisième à 15^m de profondeur.

J'ai employé la méthode de photométrie photographique. J'ai photographié le spectre d'absorption de l'eau de mer au moyen d'un spectrographe à optique de quartz, la source de lumière étant une étincelle condensée entre

(¹) Soret, *Journ. de Phys.*, 8, 1879, p. 145; *Comptes rendus*, 86, 1878, p. 708.

électrodes métalliques, toutes les poses étant de même durée et les clichés étant étalonnés en affaiblissant le rayonnement dans un rapport connu au moyen de grilles.

Le tableau suivant résume les résultats :

Coefficient d'absorption (¹).

Surface.			3 mètres.			15 mètres.		
λ.	Absorption, 10mm.	Coefficient.	λ.	Absorption, 10mm.	Coefficient.	λ.	Absorption, 10mm.	Coefficient.
	pour 100			pour 100			pour 100	
2123 Å	66,0	1,079	2179 Å	23,5	0,267	2136 Å	71,3	1,247
2136	47,6	0,646	2210	5,6	0,058	2161	30,3	0,361
2161	14,8	0,160	2276	4,1	0,042	2175	18,6	0,206
2175	13,5	0,145	2317	4,3	0,044	2218	16,9	0,185
2218	11,3	0,120	–	–	–	2264	12,8	0,137
2264	7,2	0,074	–	–	–	2336	11,1	0,118
2336	6,7	0,070	–	–	–	–	–	–

On voit que l'eau de mer est beaucoup moins transparente que l'eau distillée; particulièrement pour les radiations de longueur d'onde inférieure à 2200 Å, son opacité augmente très rapidement.

L'eau de mer contient en solution différents sels dont les concentrations ont été étudiées par Thoulet (²). J'ai déterminé l'influence de ses divers constituants en étudiant l'absorption d'une série de solutions contenant chacune un seul de ses sels avec la même concentration que dans l'eau de mer, et une solution les contenant tous (eau de mer artificielle). Cette dernière absorbe très sensiblement comme l'eau de mer véritable, ce qui prouve que l'absorption est bien due à l'un des sels considérés. Les diverses autres solutions sont toutes moins transparentes que l'eau distillée ; celle de NaCl, la plus concentrée de toutes, laisse passer toutes les radiations au-dessus de 1980 Å. Celles de KCl, RbCl, $CaSO^4$, $MgCl^2$, CaP^2O^6, CaC^2O^5, FeC^2O^5, SiO^2 sont plus ou moins transparentes au-dessous de 1900 Å ; au contraire,

(¹) Le coefficient d'absorption k est défini par la formule $k = \frac{\log \varepsilon \frac{I_0}{I}}{d}$, où I et I_0 sont respectivement les intensités lumineuses après et avant la traversée du milieu absorbant, et d représente l'épaisseur du milieu en centimètres.

(²) Legendre, *La concentration en ions hydrogènes de l'eau de mer*, 1925, p. 105.

toutes les solutions de bromures sont opaques dès 2080 Å, même si leur concentration est très faible. L'absorption est donc due à la présence de petites quantités de bromures.

BOTANIQUE. — *Sur la végétation des bruyères à Sphaignes de la Galice.* Note de M. **Pierre Allorge**, présentée par M. L. Mangin.

L'existence de bruyères à Sphaignes bien développées au Sud des Pyrénées est peu connue. Dans son ouvrage classique, Willkomm ([1]) écrit que les *Sphagneta* quelque peu étendus manquent dans la péninsule ibérique; Daveau ([2]) par contre, a observé des bruyères tourbeuses dans les pinèdes portugaises et, récemment, Casares-Gil ([3]) signale des *Callunoesfagnetos* dans le nord-ouest de l'Espagne. Mais l'analyse phytosociologique de ces groupements n'a pas encore été faite.

Ces bruyères ont leur maximum d'extension dans le nord des provinces de Lugo et de la Corogne. Répandues surtout dans les dépressions des plateaux granitiques elles y prospèrent autour des nappes d'eau permanentes et profondes; l'ensemble constitue de vastes étendues incultes appelées *gandaras*. Ces bruyères tourbeuses existent aussi le long des ruisseaux découverts et sur les pentes mouillées. Localement la tourbe est assez épaisse pour être exploitée.

Comme dans les bruyères à Sphaignes de l'Ouest de la France, j'ai pu distinguer ici trois associations principales :

1. Ruisselets et fossés à *Potamogeton polygonifolius* et *Helodes palustris*. Association habitant les eaux faiblement courantes; comporte, en dehors de ces deux espèces représentatives, *Ranunculus hololeucos*, *Juncus heterophyllus*, *Scirpus fluitans*, des écades submergées ou flottantes de *Juncus supinus*, *Narthecium ossifragum*, *Carum verticillatum*, *Anagallis tenella*, *Myosotis palustris* et des Muscinées inondées, *Lophozia inflata*, *Sphagnum Pylaiei* ([4]), *rufescens*, *Drepanocladus fluitans*. Ce groupement correspond probablement à une variante rhéophile du

---

([1]) M. Willkomm, *Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel*, Leipzig, 1896, p. 67.

([2]) J. Daveau, *Géographie botanique du Portugal* : II. *La flore des plaines et des collines voisines du littoral* (*Bol. Soc. Broteriana*, 19, 1902, p. 95 et 106).

([3]) Ant. Casares-Gil, *Esfagnos de la Peninsula iberica* (*Mem. Soc. R. esp. Hist. Nat.*, 13, 1925, p. 10).

([4]) Type, nouveau pour l'Europe.

Scirpetum fluitantis, association bien développée dans les mares et étangs siliceux de toute la Galice et répandue dans les secteurs ibéro-atlantique et armorico-aquitanien.

2. *Rhynchosporetum*. — Établi typiquement sur arènes granitiques mouillées Caractérisé par *Sphagnum Pylaiei* var. *sedoides*, *subsecundum*, *cuspidatum*, *molluscum*, *Lycopodium inundatum*, *Juncus supinus*, *Rhynchospora alba*, *Heleocharis multicaulis*, *Carex Durieui* (¹), *fulva*, *panicea*, *stellulata*, *Narthecium*, *Ranunculus polyanthemoides*, *Drosera intermedia*, *Pinguicula lusitanica*.

3. *Tetralicetum sphagnosum*. C'est la bruyère à Sphaignes proprement dite, avec bombements de Sphaignes xérophiles, taches licheniques (*Cladonia*) étendues et strate subcontinue de Chaméphytes. Principaux constituants : *Odontoschisma Sphagni*, *Lepidozia setacea*, *Cephalozia connivens*, *Sphagnum acutifolium*, *compactum*, *cymbifolium*, *papillosum*, *subnitens*, *tenellum*, *Leucobryum glaucum*, *Campylopus brevipilus*, *polytrichoides*, *Aulacomnium palustre*, *Molinia*, *Nardus*, *Carex binervis*, *pulicaris*, *Schœnus nigricans*, *Luzula congesta*, *Juncus squarrosus*, *Spiranthes æstivalis*, *Salix aurita*, *repens*, *Viola palustris*, *Drosera rotundifolia*, *Genista anglica*, *berberidea*, *Ulex nanus*, *Erica Tetralix*, *ciliaris*, *Calluna*, *Gentiana pneumonanthe*, *Arnica montana* var. *angustifolia*. *Scorzonera humilis* var. *angustifolia*. À la périphérie des dépressions, ces bruyères tourbeuses passent à des bruyères sèches à *Erica umbellata* et *E. cinerea* (²).

Dans les parties les plus mouillées de ce complexe, parmi les Sphaignes du *Rhynchosporetum* en particulier, végète une population algale très riche, essentiellement caractérisée par les Desmidiées, grandes espèces surtout, parmi lesquelles je citerai seulement ici :

Cosmarium Brebissonii, *quadrifarium*, *Ralfsii*, *Euastrum aboense*, *ampullaceum*, *crassum*, *cuneatum*, *inerme*, *insigne*, *montanum*, *pinnatum*, *ventricosum*, *Micrasterias Jenneri*, *oscitans* var. *mucronata*, *truncata*, *Pleurotænium minutum*, *Staurastrum tumidum*, *Hystrix brachiatum*, *Tetmemorus Brebissonii*, *Xanthidium armatum*.

Ces Desmidiées ont déjà été trouvées pour la plupart, ensemble, dans les bruyères tourbeuses des autres secteurs du domaine atlantique; en France, ce groupe d'espèces a été observé par Marcel Denis (Bretagne, Auvergne) et par moi-même (Sologne, Maine, Pyrénées occidentales).

(¹) *Carex Durieui* Steud. *non* F. Schultz.

(²) Les groupements dominés par des *Carex* semblent rares dans ces bruyères à Sphaignes; j'ai seulement observé des fragments de *Caricetum Goodenoughii* avec *Sphagnum cymbifolium*, *Campylium stellatum*, *Ranunculus Flammula*, *Epilobium palustre*, *Parnassia*, *Scutellaria minor*.

Par l'ensemble de leur végétation, les bruyères à Sphaignes de la Galcie apparaissent donc comme très voisines de celles du secteur armorico-aquitanien; l'abondance locale du *Sphagnum Pylaiei* accentue leur analogie avec les grandes bruyères tourbeuses du Finistère, en particulier. L'endémisme ibéro-atlantique, bien marqué dans les tourbières portugaises, d'après J. Daveau, n'est représenté ici que par un petit nombre d'espèces (*Carex Durieui, Genista berberidea*), le contingent principal restant constitué par des sippes atlantiques répandues dans tout ou presque tout le domaine, auxquelles s'ajoutent plusieurs éléments boréaux relictuels (*Lycopodium inundatum, Juncus squariosus, Viola palustris* entre autres).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Affinités des Blés sauvages* Triticum ægilopoides *Balansa et* Tr. monococcum *L., démontrées par leurs hybrides réciproques.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Sous le nom *Triticum boeticum*, E. Boissier (1853) a décrit une plante sauvage de la Grèce, nommée antérieurement (1834) par Link *Crithodium ægilopoides* pour marquer les analogies de port avec les Ægilops. Le collecteur Balansa la distribua en 1857 comme un *Tr. ægilopoides*, désignation adoptée par Körnicke (1885) et depuis par les biologistes. Boissier venait (1884) de la classer comme une variété de l'Engrain, *Tr. monococcum* var. β *lasiorrhachis*. Les résultats de mes hybridations confirment la diagnose définitive de Boissier.

Le 3 juillet 1925, 2 épis de *Tr. ægilopoides* furent castrés, isolés et pollinisés, deux jours plus tard, par un *Tr. monococcum* type; le croisement réciproque fut réalisé aux mêmes dates avec les mêmes parents; 1 épi seulement de la combinaison *ægilopoides* × *monococcum* fructifia et donna 2 grains de taille moyenne; les 2 épis *monococcum* × *ægilopoides* donnèrent l'un 7 beaux grains, l'autre 2 grains très maigres, au total 9 grains, dont 6 seulement fournirent des plantes (F_1) adultes. En apparence, le résultat est médiocre; mais il faut tenir compte des difficultés de réalisation des hybrides à partir de *monococcum;* jusqu'à 1911, toutes les tentatives de croisement avec pollen *monococcum* avaient échoué et les fécondations des ovaires *monococcum* par un pollen illégitime sont exceptionnelles, douteuses jusqu'à 1910 et même considérées comme irréalisables par H. de Vilmorin (1880). Le premier, j'ai obtenu un hybride fertile, *monococcum* × *durum*

en 1910; la combinaison *dicoccum* × *monococcum*, réalisée par Vavilof (1914) est stérile. L'obtention de 9 grains capables de germer pour 50 fleurs fécondées est, en réalité, une réussite inattendue.

La complète fertilité de tous les épis (F_1) des hybrides *ægilopoides* × *monococcum* en 1926 confirme, d'autre part, l'opinion de Boissier.

Je vais montrer que ces deux Blés, si différents d'aspect, sont en réalité des variétés étroitement affines du *Tr. monococcum*, dont j'ai fait (1914) le sous-genre *monococcum* pour traduire les divergences qu'il présente avec les autres Blés connus, divergences génétiques plus grandes que celles qui séparent les Froments des Seigles.

D'abord les hybrides directs et réciproques sont identiques. J'ai pu suivre côte à côte, jusqu'à la maturation des épis, quatre plantes *monococcum* × *ægilopoides* et deux plantes *ægilopoides* × *monococcum;* même végétation, mêmes tailles, mêmes dates d'épiaison, de floraison, de dessiccation. Ce parallélisme, exceptionnel pour des hybrides d'espèces, s'explique si l'on considère les lignées croisées comme des variétés d'un même type spécifique.

De plus, les caractères présumés mendéliens dans les croisements des autres Blés sont transmis dans toute leur force (dominance) à mes hybrides (F_1). Je constate que le développement des touffes, que la poussée presque simultanée des chaumes, que la régularité de formation des épis sont du *monococcum*. A Bellevue, *Tr. ægilopoides* type, semé à l'automne et protégé durant l'hiver, talle beaucoup, mais donne peu de chaumes, successifs et de hauteur variable.

Dans le détail, par contre, les caractères *ægilopoides* dominent : rangées longitudinales de longs cils sur les saillies de la face supérieure des feuilles, entre les nervures secondaires; oreillettes et bords supérieurs des gaînes couvertes de poils forts et nombreux, persistants; anneaux très marqués de poils blanchâtres renversés garnissant les nœuds des chaumes; pilosité accusée des articles des rachis d'épis, des glumes et des glumelles; lignification précoce intense de ces organes qui donnent aux épillets et aux grains formés dans les épillets l'aplatissement caractéristique d'*ægilopoides;* désarticulation très précoce des rachis, déjà réalisée pour les épillets terminaux, alors que le sommet des chaumes est encore vert; développement régulier des barbes; pigmentation noire des glumes, glumelles et barbes, tous caractères accessoires traduisant le chimisme propre des parties et suivant les règles de Mendel dans leur transmission.

L'épaisseur et la lumière des chaumes, la longueur du dernier entre-nœud et les densités des épis, caractères liés à la végétation, sont intermé-

diaires; $Dm = 32$ pour *ægilopoides*, 38 pour l'hybride, 45 pour *monococcum*.

Les grains hybrides de 1925 (F_1) étaient noirâtres; ceux de 1926 (F_2) sont variés sur le même épi avec teintes jaune clair, jaune verdâtre; couleurs diverses qui indiquent la possibilité de ségrégations inconnues jusqu'à présent dans les *monococcum*. Leur poids moyen se rapproche des *monococcum* (xénie); 100 grains *ægilopoides* récoltés à Bellevue pèsent 1^g, 100 grains *monococcum* $2^g,4$; 100 grains hybrides (F_2) $2^g,2$; mais leur forme, due à la compression des épillets est *ægilopoides* avec longueurs, largeurs et épaisseurs respectives : *ægilopoides* 7 : 1, 1 : 2, 3^{mm}; hybride 7,5 : 1, 3 : 3; *monococcum* 8 : 2, 5 : 3.

En résumé, la fertilité complète de tous les épillets des hybrides, la dominance des caractères de pilosité, de longueur des barbes, de la teinte noirâtre des épis, de la compression et de la désarticulation des épillets prouvent que *Tr. ægilopoides* et *Tr. monococcum* sont des variétés d'une même espèce, *ægilopoides* étant l'ancêtre sauvage des *monococcum* cultivés, puis redevenus spontanés. Le groupe *monococcum* ainsi compris est polymorphe; on pourra y trouver les points de départ variés, nécessaires pour la sélection et la stabilisation de Blés nouveaux, à qualités de farine exceptionnelles des Engrains.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur une source nouvelle et abondante de trilaurine; la graine de Mahuba,* Acrodiclidium Mahuba, *A. J. Sampaïo, de la famille des Lauracées.* Note de M. **Émile André**, présentée par M. Charles Moureu.

Au mois de septembre 1920, une société commerciale française nous remettait, aux fins d'analyse, un lot de huit échantillons de graines oléagineuses de provenance brésilienne (États de Para et de Matto Grosso). Un botaniste distingué, chargé de les identifier, parvint facilement à en déterminer sept; la huitième ne put être rapportée avec certitude à aucune espèce végétale de l'Amérique du Sud, mais fut présumée provenir d'un arbre du genre *Bassia*, de la famille des Sapotacées, bien que ce genre n'eût encore jamais été signalé comme existant dans la flore brésilienne.

Malgré l'incertitude dans laquelle nous restions sur son origine botanique, nous avons examiné cette graine, donnée comme très abondante, en vue de fixer sa valeur en tant que produit oléagineux. L'échantillon était constitué par des cotylédons charnus, séparés les uns des autres, for-

tement creusés en gouttière sur leur face interne qui était givrée de petits cristaux blancs brillants, leur longueur variait de 32^{mm} à 38^{mm} et leur diamètre de 12^{mm} à 18^{mm}. La face externe, de couleur acajou, demi-cylindrique, était le plus souvent privée de tout débris d'enveloppe; parfois cependant, les restes d'un tégument de couleur gris fauve, plus ou moins plissé suivant la longueur, y adhéraient fortement. Ces graines, broyées, fournirent, par épuisement à l'éther de pétrole léger dans l'appareil de Soxhlet, 65 pour 100 d'une graisse colorée en brun assez foncé à l'état liquide, mais se transformant par refroidissement en une masse cristalline feutrée de couleur fauve, onctueuse au toucher, ne possédant pas l'aspect extérieur d'une graisse. Ce produit brut possédait les caractères physiques et chimiques suivants : point de fusion 43°-44°, indice de saponification 272, indice d'iode Hübl 20,0; il se dissolvait incomplètement dans l'éther bouillant, et la solution éthérée fournissait, par refroidissement et essorage, un produit cristallisé blanc fondant à 48°, dont le point de fusion s'éleva à 49° après plusieurs recristallisations. On obtint comme résidu une substance balsamo-résineuse brune, d'odeur forte, se givrant à la longue de nombreux cristaux pailletés (acide cinnamique ou benzoïque?).

La graisse ainsi purifiée fondait à 49°, avait un indice d'iode sensiblement nul (1 à 1,5) et son indice de saponification était de 260. Ces caractères correspondent à ceux de la trilaurine. En la saponifiant par la soude et décomposant le savon par l'acide sulfurique dilué nous avons obtenu un acide gras bien cristallisé, fondant à 45°, et dont l'indice de saturation était de 201, caractères qui concordent exactement avec ceux de l'acide laurique. Ces données expérimentales nous amenaient à conclure que la graine de « Mahuba » contient de 45 à 50 pour 100 de son poids d'une graisse presque entièrement constituée par de la trilaurine.

Les sources de glycérides dans lesquels la glycérine est entièrement éthérifiée par un même acide gras, sont assez rares; c'est à tort que l'on imprime dans nombre d'ouvrages que les graisses sont constituées par des mélanges en proportion variable de ces glycérides; à mesure que nos connaissances sur la nature chimique des corps gras progressent, on reconnaît au contraire que les glycérides mixtes sont bien plutôt la règle que l'exception.

A la vérité on connaissait déjà d'autres sources de trilaurine, notamment la fève Pichurim et la graine de Camphrier. Toutes deux proviennent d'un arbre de la famille des Lauracées, mais aucune ne la fournit en aussi grande abondance et dans un état aussi voisin de la pureté.

La composition du « suif de Mahuba » nous amenait à inférer que la graine qui le fournit doit provenir, elle aussi, d'une lauracée. A notre avis, la Chimie apportait, dans le présent cas, un argument de réelle valeur pour déterminer l'origine botanique. Nous avons longtemps attendu la confirmation de cette hypothèse; elle nous est arrivée aussi complète que nous pouvions le désirer. Un ingénieur chimiste, M. R. Joannis, nous a rapporté dernièrement de Belem (Para) un échantillon de suif de Mahuba obtenu par pression et dont l'étiquette portait comme indication botanique : *Acrodiclidium Mahuba*, Lauracées.

Des recherches bibliographiques nous ont appris que l'*Acrodiclidium Mahuba* n'est connu des botanistes brésiliens que depuis 1917. C'est un arbre qui croît dans les parties inondées de la forêt vierge du bassin de l'Amazone. C'est dans l'État de Para que Adolpho Ducke, directeur du Service botanique du Muséum de Para, le découvrit. Une description botanique détaillée en a été donnée par M. A.-J. Sampaïo[1], « L'arbre fleurit en septembre et fructifie en décembre; son fruit, de forme ellipsoïdale, mesure (à l'état frais) 37^{mm} de long et 17^{mm} de large; il porte le nom indigène de *Mahuba* ».

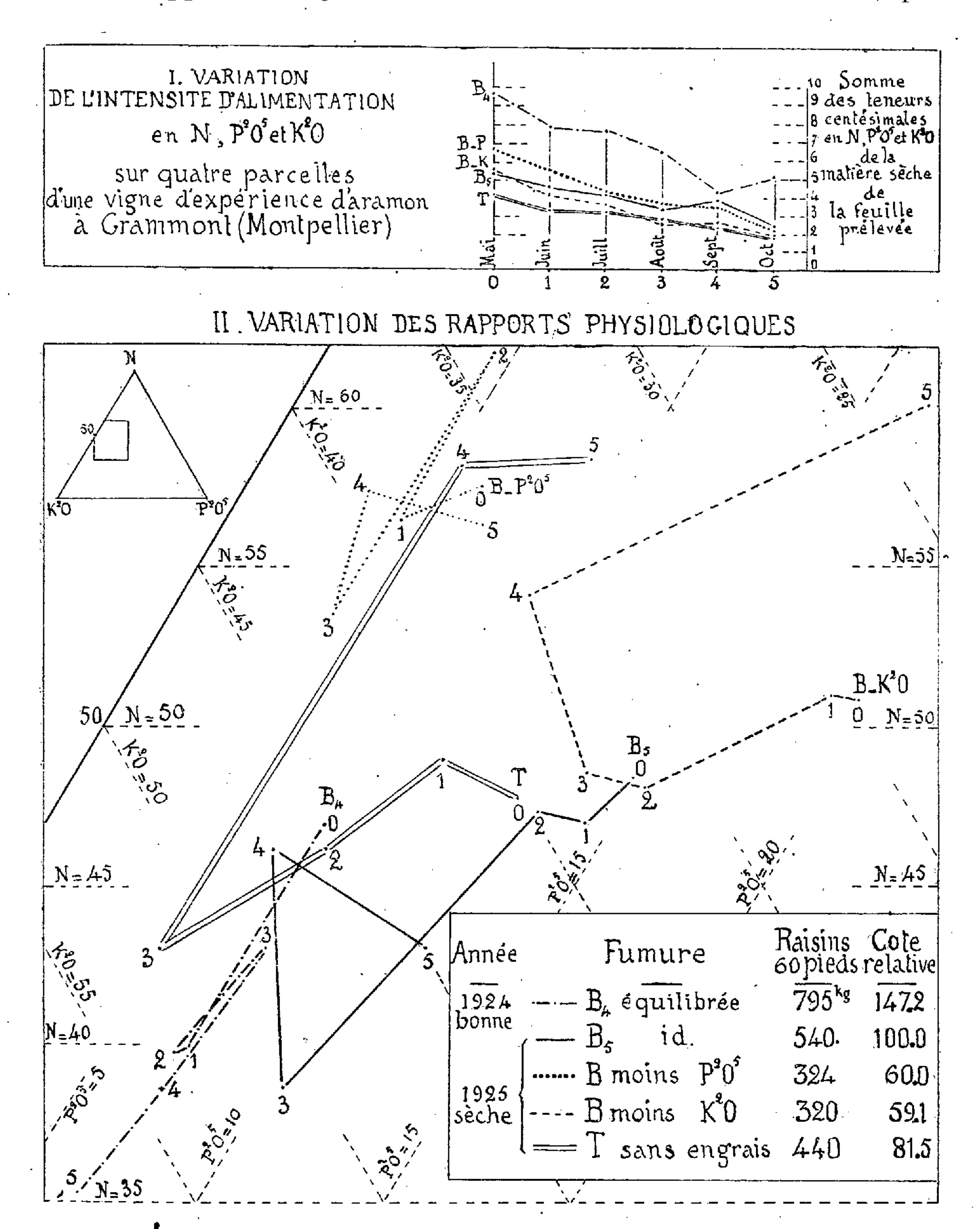
CHIMIE AGRICOLE. — *Contrôle du mode d'alimentation d'une plante pérenne (vigne) dans un sol donné recevant une fumure donnée.* Note de MM. **H. Lagatu** et **L. Maume**, présentée par M. Viala.

1° La végétation annuelle d'une plante pérenne correspond à une évolution des besoins alimentaires du végétal, soit quant aux quantités absolues des principes absorbés, soit quant aux rapports selon lesquels ils sont admis (rapports physiologiques) : c'est l'*évolution chimique annuelle*. — 2° Une même plante, placée dans un milieu chimique identique, suit une évolution chimique différente quand elle se trouve dans des conditions météorologiques différentes : c'est la *subordination du chimisme végétal aux conditions météorologiques*. — 3° Une même plante, dans la même année météorologique, évolue chimiquement d'une manière différente quand on la place

(1) *Commissão de Linhas telegraphicas estrategicas de Matto-Grosso ao Amazonas*. Publicação n° 56, Annexo 5. — *Historia Natural : Botanica*. Parte X. — *Lauraceas de Matto-Grosso e duas novas especies da Amazona*, por A.-J. Sampaïo, Prof. Botanica do Museo Nacional. Augusto 1917. Rio de Janeiro.

dans des milieux chimiques différents : c'est la *plasticité chimique du végétal*.

Le développement végétatif n'est, en nature comme en intensité, que la



traduction morphologique du train de nutrition. Aux yeux de l'agronome, les divers trains de nutrition, imposés à une plante donnée par diverses

suites annuelles de contingences physiques ou chimiques, gravitent autour d'un *type optinum d'évolution chimique annuelle en vue d'un certain genre de produit*, type qu'il s'agit de déterminer par ailleurs. Pour s'en rapprocher le plus possible et disposer utilement à cet effet des facteurs pratiquement accessibles, l'agronome doit savoir comment chaque facteur modifie soit les quantités absorbées, soit leurs rapports.

Or, pour les plantes pérennes, telles que la vigne, la méthode de contrôle par l'analyse périodique d'une feuille convenablement choisie [1] permet des mesures suggestives à cet égard.

Partant des teneurs en N, P^2O^5 et K^2O de 100 de la matière sèche des deux feuilles situées à la base des rameaux fructifères, nous avons dans la somme de ces trois teneurs une mesure de l'intensité de l'alimentation envisagée (graphique I). D'autre part, dans la feuille, pour une masse 100 de ces mêmes trois aliments, il y a, à chaque époque de prélèvement, une répartition ternaire que nous avons figurée (graphique II) par un point représentatif à l'intérieur du triangle équilatéral usité pour les mélanges ternaires, point dont le déplacement indique la variation des rapports physiologiques.

On peut constater : 1° l'influence considérable des conditions météorologiques (1924, pluies assez abondantes; 1925, sécheresse) sur la même parcelle recevant la même fumure B de nos essais; 2° l'influence non moins profonde, au cours de la même année 1925, de la fumure équilibrée ou non : diagrammes en relation évidente avec la nature de la fumure et qui, en dépit de leur diversité, conservent des analogies d'allure dues à l'identité des conditions météorologiques.

La comparaison des diagrammes et des rendements montre que : *Les fumures qui troublent gravement l'équilibre des rapports physiologiques, tout en provoquant une alimentation globale plus élevée, nuisent au rendement plus que l'absence de toute fumure;* par contre, dans ce dernier cas, la plante mise à fruit s'épuise peu à peu.

Cette méthode de contrôle permettrait donc de sauvegarder la valeur sociale des énormes capitaux gaspillés dans des fumures mal équilibrées, contre lesquelles ne prémunit aucunement la prétendue analyse chimique agricole des terres.

---

(1) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 782, 930; **180**, 1925, p. 1179; **182**, 1926, p. 653.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Les variations des muscles spinaux chez les primates supérieurs.* Note de M. **Henri-V. Vallois**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'étude systématique des muscles spinaux du dos et de la nuque (muscles spino-dorsaux de Gegenbaur) chez les primates supérieurs montre que, contrairement à ce que l'on écrit généralement, ces muscles présentent des dispositions différentes dans les trois groupes des catarrhiniens, des anthropoïdes et de l'homme.

Différences entre l'homme et les catarrhiniens. — Elles sont très accusées dans toutes les régions. Les muscles spino-dorsaux des catarrhiniens ont une conformation à peu près identique à celle des autres mammifères, car les conditions générales de leur fonctionnement sont les mêmes : ils ont à agir sur une colonne vertébrale horizontale formant voûte entre les deux bipèdes, et ils en maintiennent la courbure. Chez l'homme, au contraire, la colonne est verticale et supportée uniquement par le bipède postérieur. Comme le poids des viscères et les différents mouvements de la locomotion tendent à faire basculer celle-ci en avant, les muscles spinaux s'adaptent à un nouveau rôle, le maintien en équilibre du rachis. Cette fonction nouvelle détermine une hypertrophie considérable de toute leur portion lombaire : la masse commune et le multifide deviennent très épais et très larges, en même temps que, corrélativement, les apophyses mamillaires se déplacent en dehors. D'autre part, l'épineux du dos, le demi-épineux, le long dorsal et l'ilio-costal qui, chez les catarrhiniens, comme chez tous les mammifères quadrupèdes, étaient étroitement unis les uns aux autres, se séparent chez l'homme dans la majeure partie de leur trajet et atteignent un degré d'individualisation bien supérieur à celui des autres primates.

Un second groupe de différences est réalisé au niveau de la nuque : le soulèvement de la portion antérieure du tronc et la verticalité du cou permettent en effet chez nous une bien plus grande liberté des mouvements de la tête et facilitent l'apparition de mouvements de rotation qui font défaut chez les catarrhiniens. J'ai montré ailleurs [1] qu'en conséquence les muscles de la nuque de l'homme sont mieux différenciés et plus faciles à isoler les uns des autres; en même temps apparaissent deux nouvelles

---

[1] *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 95, 11 décembre 1926, p. 111.

formations, le splenius du cou et le cervical ascendant, qui sont directement adaptées aux mouvements de rotation.

Dispositions des anthropoïdes. — Elles sont, d'une manière générale, plus proches de celles des catarrhiniens, fait en rapport avec la position oblique du rachis qui, bien que reposant toujours sur les deux bipèdes, s'appuie surtout sur le postérieur et ne forme plus la voûte caractéristique des mammifères quadrupèdes : on sait qu'en particulier, on n'observe plus l'inclinaison des vertèbres lombaires en anticlinie.

En conséquence, les muscles dorsaux sont plus différenciés et plus forts que chez les autres singes, mais moins cependant que chez l'homme : l'ilio-costal et le demi-épineux sont mieux séparés du long dorsal; le multifide lombaire, tout en restant étroit, ne diminue pas de bas en haut, comme chez les catarrhiniens. Au niveau de la nuque, les dispositions se rapprochent beaucoup de celles de l'homme : c'est ainsi, qu'entre autres ressemblances, il existe un petit cervical ascendant. Mais on observe, de plus, certains caractères spéciaux en rapport avec la sustentation de la lourde extrémité céphalique; ce sont le gros développement des muscles et l'ascension de leurs attaches épineuses.

Variations dans l'intérieur du groupe des anthropoïdes. — Quand on compare les anthropoïdes entre eux, on constate que les dispositions du gorille et du chimpanzé sont celles qui se rapprochent le plus des dispositions de l'homme. Le gibbon, malgré l'existence chez lui d'une courbure lombaire, se rapproche au contraire beaucoup plus des catarrhiniens. Quant à l'orang, il est, lui aussi, assez éloigné de l'homme; en outre, il se distingue par certains caractères aberrants, dont les plus typiques sont l'absence de l'épineux du dos et du splenius du cou.

Variations dans l'intérieur du groupe humain. — La comparaison des noirs et des blancs ne montre pas de différences notables au niveau du dos; par contre, au niveau de la nuque, on constate chez les noirs le plus grand volume des différents muscles en même temps que la situation plus haute de leurs faisceaux d'origine sur les apophyses épineuses et de leurs faisceaux de terminaison sur les apophyses transverses. Certaines de ces dispositions rappellent celles des anthropoïdes, mais les autres en sont, au contraire, plus éloignées que ce n'est le cas chez les blancs. Il serait donc erroné de les interpréter soit comme progressives, soit comme régressives : il semble plus exact de les envisager comme étant en relation avec l'effort plus puissant nécessité chez les noirs par la sustentation de la tête.

En résumé, on voit que, dans l'ensemble, la grande majorité des diffé-

rences que présente la musculature spinale chez les catarrhiniens, les anthropoïdes et l'homme, s'explique facilement quand on tient compte des changements de position et de rôle du rachis dans chacun de ces trois groupes.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la nervation primitive de l'aile des Insectes et sur les changements que les Orthoptères ont apportés au plan originel.* Note [1] de M. **P. Vignon** [2], présentée par M. E.-L. Bouvier.

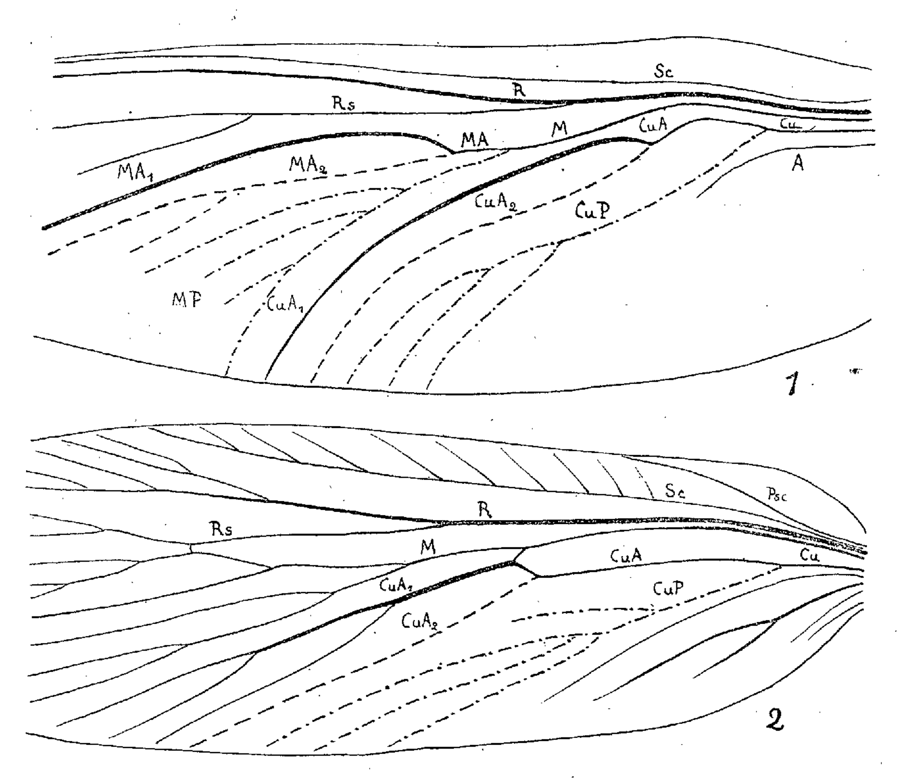
L'étude phylogénétique des Insectes suppose connue la nervation originelle de l'aile. Or, d'après les idées en cours, les premiers Éphéméroptères et Odonatoptères du Houiller auraient gardé intacte cette nervation initiale. Il s'en faut en réalité de beaucoup, car ils ont perdu tout au moins la vraie Cubitale postérieure (pour moi, CuP) et la vraie Médiane postérieure (ma nervure MP). A la Cubitale, les groupes précités ont seulement ma Cubitale antérieure CuA, veine basse qui émet la branche antérieure haute CuA_1 et se continue dans la nervure basse CuA_2. Ce qui le prouve, c'est que, en arrière des branches ainsi nommées et définies (dans les cas où celles-ci sont restées intactes) les Orthoptères possèdent encore la branche CuP et les Rhynchotes *Lycocercus Goldenbergi, Homoioptera gigantea,* de Commentry, font de même. A la Médiane, Éphéméroptères et premiers Odonatoptères ont seulement aussi les branches homologues de CuA, CuA_1, CuA_2 : branches qu'il faut dénommer MA, MA_1, MA_2, non seulement en raison de cette homologie, mais parce que *L. Goldenbergi* possède MP (*fig.* 1). Les Orthoptères ayant perdu MA_1, dès le Houiller, c'est donc *L. Goldenbergi* qui a le

(1) Séance du 17 janvier 1927.

(2) On suppose connue la révision ainsi que la classification de Lameere 1917. Cf. *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1355, pour ma Note précédente.

Il m'a été impossible de garder la notation des auteurs. Ceux-ci dénomment en effet indifféremment Cu_2 (ou Scu, sous-cubitale), la vraie Cubitale postérieure CuP, quand elle existe, et, à défaut, la branche postérieure basse de la Cubitale antérieure : que j'appelle, moi, CuA_2. Faute d'avoir tenu compte de la vraie Médiane postérieure, ils dénomment enfin M, MA, MP, ce que je suis forcé d'appeler MA, MA_1, MA_2. L'on dénomme de même aujourd'hui, chez les Orthoptères, « branche postérieure de la Cubitale antérieure », tantôt la veine basse que j'appelle CuA_2, tantôt, quand celle-ci a disparu, la branche haute que j'appelle $CuA_1 b$. La confusion est donc extrême : l'emploi d'une notation nouvelle et plus détaillée permettra d'y mettre un terme.

plus de chance de nous apprendre ce qu'était l'aile primitive, pour ce qui concerne la Cubitale et la Médiane tout au moins.



Deux fossiles du Carbonifère supérieur de Commentry.

Fig. 1. — *Lycocercus* (*Lithomantis*) *Goldenbergi* Ch. Brongniart. Rhynchote primitif.

Fig. 2. — *Archæacridites Bruesi* Meunier. Orthoptère plus ancien que les Protoblattoïdes. Les veines hautes (R, la Radiale; MA_1, branche antérieure de la Médiane antérieure MA ; Cu A_1, branche de la Cubitale antérieure homologue de MA_1) sont marquées en traits gras. Le dessin fait ressortir, tant à la Cubitale qu'à la Médiane, les homologies des branches basses MA_2 et Cu A_2, MP et Cu P. A la Médiane des Orthoptères, en l'absence de la veine haute antérieure MA_1, il est impossible de dire à quelles branches basses l'on a positivement affaire.

Pour comprendre l'aile des Orthoptères (au sens très large de Lameere), je me dis d'abord que les « Nomoneures » doivent avoir perdu la Pseudocostale des « Hétéroneures ». Bien des nymphes, en effet, me montrent cette Pseudocostale en voie d'absorption par la sous-costale, ou vestigiaire. Cela posé, partons de l'Hétéroneure le plus primitif de Commentry, *Archæacridites Bruesi* Meunier (*fig.* 2), et notons que son proche voisin, *Sthenaropoda*, a perdu déjà Cu A_2. L'aile aura évolué dans deux sens.

A. Blattoïdes (de Lameere, ou Protoblattoïdes), Blattides, Mantoïdes,

Caloneurides de Commentry, Mantes, Acridiens et Gryllacrides actuels, ont perdu eux aussi CuA_2. Chez eux, la branche antérieure haute de la Cubitale antérieure, CuA_1, a parfois alors développé et différencié spécialement les deux veines hautes CuA_1a et CuA_1b. Ces divers groupes ont ensuite rétréci l'intervalle CuA_1-CuP, coupé les rameaux antérieurs de CuP, et mis cette veine basse dans un « sillon anal » : qui est particulièrement remarquable et connu chez les Blattes. La Phyllie a perdu en outre CuP, et simplifié CuA_1, que l'aile mâle joint à la première Anale 1A, et que l'élytre, tant mâle que femelle, unit à la Médiane.

B. Le remarquable Protolocustide *Œdischia*, de Commentry, puis les Sauterelles, ou Phasgonuridées vraies, d'aujourd'hui, ont gardé au contraire CuA_2. Cette veine basse fait chez elles « sillon anal » avec CuA_1, qu'elle prolonge (voir *fig.* 2). La Cubitale postérieure CuP court ici sur le champ anal; elle y forme actuellement l'archet des mâles, ainsi que les veines proximales du miroir : et cela pendant que CuA_2 revient en arrière et se branche pour border le miroir distalement. L'appareil stridulant des Gryllides est, non pas identique, mais homologue. Les Gryllacrides, faisant partie de la Section A, ci-dessus définie, sont privés de cet appareil, nécessairement. Leur aile les met très loin des Sauterelles vraies.

PHYSIOLOGIE. — *Observations sur la similitude biologique.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

Il y a déjà 14 ans, nous avons montré que la *loi de similitude de Newton* s'applique aux organismes vivants, sous certaines réserves. Cette loi est l'aurore de la Biométrie. Nous l'avons vérifiée en comparant les *capacités vitales*, les vitesses de contraction de muscles homologues, la force de ces organes, etc. « A dire vrai », remarquions-nous pour ce dernier exemple, « la notion de similitude est ici en défaut, et cela tient, fort probablement, à la non-identité des matériaux organiques d'un âge à un autre. L'application de la loi de Newton n'est donc pas sans nécessiter une prudence extrême. Et, comme nous l'avons toujours proclamé, il convient de consulter avant tout l'expérience [1]. »

On a mentionné, ces jours-ci, d'autres cas de similitude, sans apporter les données numériques utiles [2], surtout sans garder la prudence que nous

(1) *Le Moteur humain*, édition 1923, p. 185 (chez Dunod).
(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 121.

recommandions. La confrontation des faits eût été décisive pour épargner les audaces. Et le physiologiste ne peut que s'étonner de *découvertes* du genre de celle-ci : « L'intensité respiratoire, quantité de CO^2 produite par unité de temps, le débit de l'oxygène dans les poumons ou les tissus (*sic*), doivent être proportionnels au métabolisme de base. » Et à tout métabolisme, en général, ajouterons-nous, fait établi depuis Lavoisier.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Les innervations doubles dans l'organisme humain, découvertes par l'électrophysiologie pathologique et normale et contrôlées par l'anatomie*. Note de M. **Georges Bourguignon**, présentée par M. d'Arsonval.

I. *Double innervation du long supinateur*. — Dans les nombreuses paralysies radiales par blessures de guerre au bras que j'ai eu à examiner pendant la guerre, les réactions électriques du long supinateur montrèrent qu'il est un peu moins complètement dégénéré que le reste du domaine du nerf. Les interventions chirurgicales (Dr Dujarier, centre de neurologie de la Xe région à Rennes) montrèrent que, contrairement à ce que j'attendais, aucun filet du long supinateur n'avait échappé à la section du nerf.

J'ai pensé que le long supinateur, qui conservait quelques fibres vives, devait recevoir des fibres nerveuses par une autre voie que celle du nerf radial. En faisant quelques dissections, j'ai trouvé un filet nerveux qui se détache du point d'épanouissement du nerf du brachial antérieur, traverse le biceps en tunnel et pénètre dans le long supinateur où il épanouit ses branches terminales en s'intriquant avec l'épanouissement (point moteur) des nerfs venus du radial. Le long supinateur reçoit donc par cette voie quelques fibres nerveuses venues du musculocutané; ces fibres échappent aux blessures du nerf radial au bras.

II. *Double innervation du deuxième interosseux dorsal et de l'opposant du pouce*. — Dans les blessures des nerfs médian et cubital, on constate les faits suivants :

1° Dans les sections isolées du nerf médian, le deuxième interosseux dorsal présente toujours un léger degré de dégénérescence partielle; l'opposant du pouce est très souvent en partie respecté, électriquement et cliniquement. L'excitation du cubital sain donne de petites secousses dans l'opposant du pouce;

2° Dans les sections isolées du nerf cubital, le deuxième interosseux dorsal présente toujours une dégénérescence moins complète que le troi-

sième et le quatrième interosseux, et l'opposant du pouce présente presque toujours une très légère dégénérescence partielle. En excitant le nerf médian sain on obtient de petites secousses dans le deuxième interosseux;

3° Il faut la section des deux nerfs pour avoir la dégénérescence totale du deuxième interosseux dorsal, et de l'opposant du pouce.

J'ai trouvé anatomiquement un petit filet nerveux qui se détache du nerf du deuxième lombrical à l'intérieur de ce muscle, le traverse en tunnel et va se diviser à l'intérieur du deuxième interosseux dorsal en mêlant ses branches terminales avec celles que donne à ce muscle le filet qu'il reçoit du cubital.

Pour l'opposant, je n'ai pas fait de recherches anatomiques. Les anatomistes décrivent sa double innervation comme une anomalie. Mes observations montrent qu'elle est de règle, mais variable comme importance suivant les sujets.

III. *Double innervation de l'orbiculaire des paupières et du releveur de la lèvre supérieure.* — Récemment enfin, en étudiant deux opérées à qui le chirurgien avait sectionné le facial d'un côté pour supprimer un hémispasme intolérable et réséqué le ganglion sympathique cervical supérieur, pour diminuer la lagophthalmie, j'ai découvert que le nerf facial innerve à la fois l'orbiculaire des paupières des deux côtés. Il en est de même pour le releveur de la lèvre supérieure.

Chez ces malades, quelques jours après l'opération, il était apparu de petits mouvements de ces muscles.

L'examen électrique montra une chronaxie moins grande dans ces muscles que dans le reste du domaine du nerf sectionné.

L'excitation du facial du côté sectionné était inefficace. L'excitation du facial du côté sain donnait des contractions dans l'orbiculaire des paupières et dans le releveur de la lèvre supérieure *des deux côtés.*

J'ai retrouvé cette excitation bilatérale dans les paralysies faciales *a frigore* et chez l'homme sain; mais le fait est plus difficile à voir en raison de l'antagonisme du muscle de Horner conservé. Je poursuis actuellement des recherches anatomiques sur cette double innervation de certains muscles de la face.

Conclusions. — La synergie de certains muscles est donc assurée non seulement par les connexions entre les deux moitiés de la moelle, non seulement par l'égalité de leurs chronaxies, mais encore par une voie nerveuse périphérique, qui unit les deux points moteurs des deux muscles synergiques.

L'innervation de l'orbiculaire des paupières et du releveur de la lèvre supérieure par le nerf facial des deux côtés rend compte de plusieurs particularités observées au cours de l'évolution de la paralysie faciale périphérique, comme l'augmentation moindre de la chronaxie, ou le retour partiel rapide de la tonicité et de la motilité de ces muscles.

PHYSIOLOGIE. — *De la loi qui relie la surface des ailes au poids des individus dans une même espèce animale, et de quelques problèmes concernant le vol des Insectes.* Note [1] de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Henneguy.

La publication de l'intéressante Note de P. Portier et de M[lle] de Rorthays sur la charge que supportent dans le vol les ailes de Lépidoptères [2] m'a incité à reprendre des chiffres que j'avais obtenus il y a une vingtaine d'années dans des recherches biologiques sur le vol des Insectes, et dont j'ai consigné certains résultats déjà en 1909 [3].

Des mesures effectuées soit par moi-même, soit antérieurement par de Lucy, Müllenhoff et von Lendenfeld [4], sur un grand nombre d'espèces d'Insectes (11 d'Hyménoptères, 16 de Diptères, 14 de Lépidoptères, 11 de Névroptères et Archiptères, 9 de Coléoptères, 2 d'Orthoptères) il résulte que la charge supportée peut varier de 1 à 145 environ (valeurs extrêmes, en kilogrammes par mètre carré), de 0,041 chez un petit Lépidoptère, *Lycæna argus*, et de 5,93 chez un gros Coléoptère, *Hydrophilus piceus* (♀) sans atteindre les valeurs qui se rencontrent chez certains Oiseaux (pouvant s'élever à près du triple du maximum rencontré chez les Insectes).

On ne peut, naturellement, comparer de façon utile des espèces dont la taille, la constitution alaire, et les modalités de vol peuvent être si extraordinairement différentes. Mais, si l'on se limite à une espèce déterminée, on peut examiner le rapport de la surface alaire au poids, à condition que la variabilité individuelle des tailles soit assez grande.

---

(1) Séance du 10 janvier 1927.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1126.

(3) Henri Piéron, *Quelques observations sur les problèmes biologiques suscités par le vol des insectes* (*Feuille des jeunes naturalistes*, n° 468, 1909, p. 235-241).

(4) De Lucy, *Du vol chez les oiseaux, les chéiroptères et les insectes* (*Presse scientifique des Deux-Mondes*, 1865, p. 581). — K. Müllenhof, *Die Grösse der Flugflächen* (*Pflügers Archiv*, 35, 1885, p. 407). — Von Lendenfeld, *Flügelgrösse und Körpergewicht* (*Naturwissenschaftliche Wochenschrift*, N. S., 3, 30 novembre 1904, p. 952).

J'avais trouvé, chez l'Archiptère *Libellula sanguinea* (en mélangeant les deux sexes), un suffisant polymorphisme de taille; or, des chiffres recueillis se dégage une loi numérique très nette : La surface alaire S croît linéairement, quand le poids P augmente, suivant la fonction $S = a + b . P$ (a et b étant des constantes).

D'après cette loi, le rapport de sustentation R, du poids à la surface (ou charge supportée, en kilogrammes par mètre carré), doit varier de zéro à la limite supérieure $\frac{1}{b}$ pour une variation de poids de zéro à l'infini : on a $R = \frac{P}{a + bP}$.

Voici les valeurs numériques de la surface alaire et du rapport R obtenues pour quatre groupes de *L. sanguinea* (34 individus, de poids compris entre 130 et 240^{mg}), et les valeurs calculées d'après la formule avec les valeurs des constantes $a = 600$, $b = 1$:

	Poids moyen.	Surface moyenne observée.	Surface moyenne calculée.	Écart.	R observé.	R calculé.
	mg	mm²	mm²			
I	140	740,7	740	+0,7	0,189	0,189
II	170	776	770	+6	0,219	0,220
III	200	800	800	0	0,250	0,250
IV	230	830	830	0	0,277	0,277

Ainsi, la charge supportée par une même surface alaire croît régulièrement avec le poids de l'animal, en tendant vers une limite (qui dans le cas actuel est de 1^{kg} par mètre carré).

Le rapport-limite pourrait caractériser les différentes espèces, quelles que soient leurs tailles, une fois que les constantes de la loi seraient connues pour les espèces à comparer.

Et, si la loi n'est connue que pour une des espèces que l'on veut comparer à d'autres, de poids moyen très différent, on peut, par extrapolation, chercher le rapport de sustentation qui correspondrait, pour la première espèce, au poids moyen de la seconde.

Ainsi, pour *Libellula sanguinea* ramenée au poids de *Lycæna argus* (12^{mg}), le rapport serait de 0,020 au lieu de 0,041, et, poussée au poids de l'*Hydrophilus piceus* (4062^{mg}) de 0,88 au lieu de 5,93.

Les différences propres des espèces apparaissent plus nettement ainsi. Par exemple, si l'on compare la *Libellula sanguinea* à l'*Æschna cyanea*, de poids moyen égal à 674^{mg} (5 individus) on trouve un rapport R de 0,53, assez voisin du rapport caractéristique de l'*Æschna* (0,46), tandis que, si

on la compare à la *Lestes fusca*, de poids moyen égal à 55^{mg}, on trouve un rapport de 0,084 au lieu de 0,25.

Mais, pour les espèces de faible poids, le rapport doit apparaître plus élevé, à cause du minimum de surface alaire (600$^{mm^2}$) correspondant à la constante *a* et qui doit représenter en très grande partie un excès biologiquement utile de surface portante. Quand certains Hyménoptères portent leur proie au vol (comme des Ammophiles leur chenille) cet excès est tout à fait nécessaire. De fait, on constate de façon très générale que les Insectes peuvent subir une réduction notable de la surface alaire, réduction susceptible de dépasser 50 pour 100 chez *Libellula sanguinea* (qui vole avec ses ailes antérieures seules ou avec ses quatre ailes tronquées de moitié). Mais le taux de réduction alaire compatible avec le vol diminue en fonction de la fatigue de l'animal, ce qui indique un mécanisme de compensation : le taux maximum de réduction de la surface est donc supérieur à l'excès réel de la surface portante dans les conditions normales du vol.

La compensation peut être assurée en particulier par un accroissement de la fréquence des battements alaires, comme l'a déjà signalé de Lucy : Une *Sarcophaga* (à qui l'on peut enlever jusqu'à près des deux tiers de la surface des ailes) a un bourdonnement de plus en plus aigu au fur et à mesure que la surface portante se réduit.

A côté de la forme et de la surface des ailes, la détermination de la fréquence des mouvements alaires est un des points essentiels dans l'étude du vol des Insectes, aussi bien en ce qui concerne la théorie physique du vol que pour l'analyse de ses conditions biologiques. Or nous ne possédons encore à cet égard que des données tout à fait insuffisantes.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le pouvoir anticoagulant de certains colorants et d'arsenicaux.* Note de M. G. Lefrou, présentée par M. F. Mesnil.

A. Lumière, dans une Communication à l'Académie des Sciences (16 mars 1925), a signalé toute une série de substances présentant un pouvoir anticoagulant élevé, et qui avaient toutes la propriété de renfermer des groupements carboxylés.

Déjà, en 1921, Tzanck [1] avait établi le pouvoir anticoagulant *in vitro* des arsénobenzènes. Ce fait nous avait frappé et nous avons effectué alors

[1] *Soc. de Biologie*, 84, 1921, p. 117.

une série de recherches que nous avons dû malheureusement interrompre, mais dont nous voudrions résumer ici très brièvement les résultats.

Nous nous sommes adressé aux colorants de la série du triphénylméthane et en premier lieu au vert malachite.

En mélangeant, dans un tube à essai stérilisé, 4^{cm^3} de sang humain recueilli aseptiquement et 1^{cm^3} d'une solution dans l'eau distillée au $\frac{1}{100}$ de vert malachite, le sang ne se coagule pas. Nous avons ainsi fait dix expériences, en prenant du sang d'origine différente et en gardant chaque fois un tube témoin de la vitesse de la coagulation. Alors que celle-ci avait lieu en 2 à 5 minutes dans les tubes témoins, le sang n'était pas encore coagulé au bout de 24 heures dans les tubes au vert malachite, maintenus à la température du laboratoire (20°). Examiné au microscope, le sang au vert malachite montrait des globules rouges et des globulins intacts.

Avec la fuchsine et le cristal violet, colorants appartenant comme le vert malachite au groupe des rosanilines, en opérant dans les mêmes conditions et aux mêmes doses, la coagulation s'est faite en plusieurs heures dont le nombre a varié suivant les échantillons. Avec le bleu de méthylène et le bleu de toluidine, colorants du groupe des thiazines, la coagulation est aussi légèrement retardée.

Dans les mêmes conditions d'expérimentation, des phénylarsinates (atoxyl, 189 ou paraoxyaminophénylarsinate) n'ont montré aucun pouvoir anticoagulant. Le 205 Bayer (309 Fourneau), au contraire, nous a présenté un pouvoir anticoagulant élevé et nous avons appris ultérieurement que cette propriété avait déjà été signalée.

Nous voudrions faire remarquer que tous les corps, ayant montré un pouvoir anticoagulant élevé, contiennent *plusieurs* groupes amidogènes libres ou substitués (dans le 205, ils sont parfois neutralisés), alors que les corps voisins, à pouvoir antinul ou très peu élevé, ne renferment qu'un seul groupe NH^2 : tel est le cas de l'atoxyl, du 189 et dérivés sodiques de l'acide paraminophénylarsinique, du bleu de méthylène ou chlohydrate de tétraméthylamidodiphénylamine, du bleu de toluidine ou chlohydrate de triméthylamidothiophénylamine).

Ce groupe amidogène ne serait pas suffisant pour produire l'action anticoagulante et son effet peut être modifié par la présence de certains autres groupes constituants; c'est ainsi que la fuchsine et le cristal violet, qui sont des dérivés méthylés du triamidotriphénylcarbinol, sont beaucoup moins anticoagulants que le chlorure de triamidotriphénylcarbinol ou vert malachite.

Ces faits seraient à rapprocher de ceux énoncés par MM. Nicolle et F. Mesnil, en 1906, concernant l'activité trypanolytique de certains colorants (couleurs de benzidine, série du triphénylméthane) et de ceux publiés en 1923 par Fairbrother et Renshaw, relatifs au pouvoir antiseptique élevé des colorants contenant plusieurs groupes amides dans leur molécule.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur le point d'attaque vasculaire des alcaloïdes de l'ergot.* Note [1] de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

Les alcaloïdes de l'ergot ont, on le sait, une double action vasculaire : d'une part ils provoquent de la vaso-constriction et par conséquent de l'hypertension; d'autre part, ils mettent les terminaisons nerveuses des vaisseaux dans un état tel qu'elles réagissent aux doses moyennes d'adrénaline non plus par de la vaso-constriction provoquant de l'hypertension, mais par de la vaso-dilatation déterminant de l'hypotension.

Après avoir admis que ces deux actions sont probablement imputables à deux principes chimiques différents [2], Dale dut reconnaître qu'elles appartiennent à une même substance alcaloïdique [3] capable, d'après lui, d'exciter puis de paralyser les terminaisons nerveuses motrices sensibles à l'adrénaline et en particulier les terminaisons nerveuses vaso-constrictrices. Qu'une hypothèse, si peu d'accord avec les faits, ait été admise par de nombreux pharmacologistes [4], cela n'est pas sans nous étonner. En effet, de l'aveu même de Dale [5], l'inversion des effets vasculaires de l'adrénaline se produit durant l'hypertension provoquée par les alcaloïdes de l'ergot c'est-à-dire alors que l'état de la pression artérielle traduit — si l'on admet la théorie de Dale — non pas une paralysie mais une forte excitation des terminaisons nerveuses motrices des vaisseaux.

---

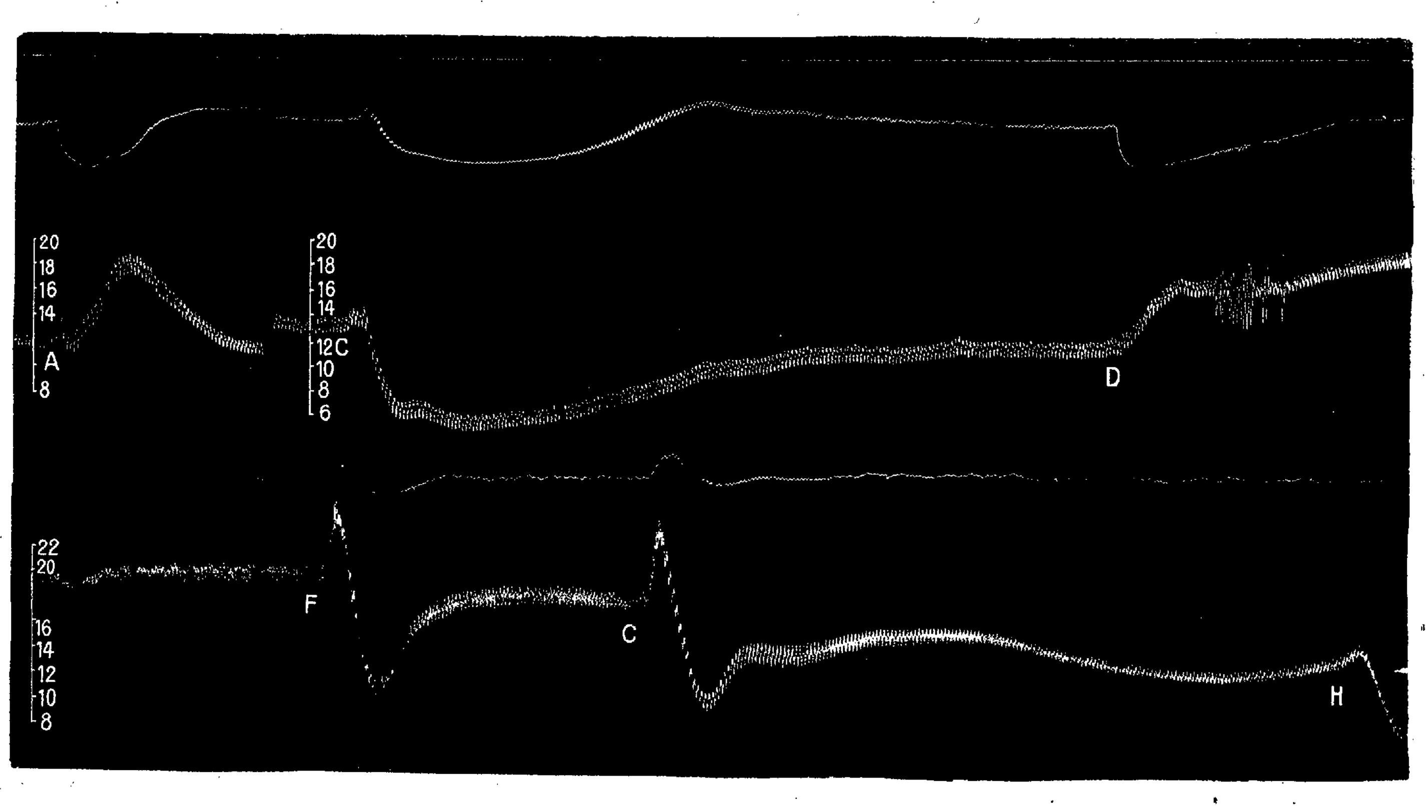
[1] Séance du 17 janvier 1927.

[2] Dale, *Journal of Physiology*, 34, 1906, p. 206.

[3] Barger et Dale, *Biochemical Journal*, II, 1907, p. 247-249.

[4] Jackson, *Experimental Pharmacology*, Saint-Louis, 1917, p. 378. — Osborne, *Principles of Therapeutics*, Philadelphia, 1922, p. 232. — Cushny *in* Heffter, *Handbuch d. experiment. Pharmakologie*, II, I, Berlin, 1920, p. 1306; et *A Text-Book of Pharmacology*, 8e édition, Londres, 1924, p. 383.

[5] Dale, *Journal of Physiology*, 34, 1906, p. 169.



Chienne de 7^{kg} chloralosanée (12^{cg} de chloralosane par kg) ayant ses vagues coupés et soumise à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e et 4e lignes : tracés des modifications pléthysmographiques du rein enregistrées par l'oncographe de Roy; 3e et 5e lignes : tracés des modifications de la pression carotidienne-enregistrées au moyen du manomètre à mercure En A : injection dans la saphène de 5$^{cm^3}$ d'une solution de $\frac{1}{100\,000}$ d'adrénaline dans le sérum physiologique En C : injection d'une même dose d'adrénaline, une minute après injection de 7$^{cm^3}$ d'une solution à 0,2 pour 100 de chlorhydrate de yohimbine de Gustrow dans le sérum physiologique. En D : injection de 3$^{cm^3}$,50 d'une solution au $\frac{1}{1000}$ de tartrate d'ergotamine. En E : injection de 3$^{cm^3}$,50 d'une solution au $\frac{1}{1000}$ de tartrate d'ergotamine. En F : injection de 5$^{cm^3}$ d'une solution au $\frac{1}{100\,000}$ d'adrénaline dans le sérum physiologique. En G : injection de 20$^{cm^3}$ d'une solution au $\frac{1}{100\,000}$ d'adrénaline dans le sérum physiologique. En H : injection de 14$^{cm^3}$ d'une solution à 0,2 pour 100 de chlorhydrate de yohimbine de Gustrow dans le sérum physiologique. Tracés réduits au tiers.

Nous devons reconnaître que Sollmann (¹) et Dixon (²) ont contesté la théorie de Dale mais ils se sont basés sur des faits absolument inexacts (³).

Quant à Langecker (⁴), elle a fait état de l'action sur l'utérus isolé de lapine d'un mélange d'adrénaline et d'ergotamine pour prétendre que le point d'attaque des alcaloïdes de l'ergot ne peut être le même que celui de l'adrénaline, mais ses arguments ne nous paraissent pas décisifs. Aussi avons-nous étudié l'action vasculaire de l'ergotamine sur des chiens ayant préalablement reçu une dose de yohimbine suffisante pour inverser complètement l'action vasculaire normale de l'adrénaline. Notre tracé montre que, sur de tels animaux, l'ergotamine conserve son action hypertensive et vaso-constrictrice rénale : cette action n'est donc pas sympathomimétique (⁵).

Notre tracé montre aussi que chez l'animal yohimbiné une dose moyenne d'adrénaline (par exemple $\frac{5}{100}$ de milligramme) ne provoque pas les mêmes effets avant et après qu'on a fait agir un des alcaloïdes de l'ergot. En effet, avant l'ergotaminisation, l'adrénaline se montre immédiatement hypotensive, tandis qu'après ergotaminisation une dose identique d'adrénaline provoque encore de l'hypotension mais précédée d'une hausse brusque et passagère de la pression artérielle.

(¹) SOLLMANN, *A Manual of Phamacology*, 2ᵉ édition, Philadelphia, 1924, p. 433.

(²) DIXON, *A Manual of Pharmacology*, 6ᵉ édition, Londres, 1925, p. 211.

(³) Pour Sollmann les alcaloïdes de l'ergot agiraient sur la fibre musculaire elle-même car ils resteraient hypertenseurs et vaso-constricteurs quand, par suite de leur action préalable, l'adrénaline est devenue hypotensive et vaso-dilatatrice. Mais on sait, depuis les premières publications de Dale, que les alcaloïdes de l'ergot provoquent de l'hypotension quand on les injecte à des animaux qui en ont reçu antérieurement des doses suffisantes pour inverser les effets vasculaires normaux de l'adrénaline.

Quant à Dixon, il déclare que les alcaloïdes de l'ergot agissent moins périphériquement que l'adrénaline parce que la nicotine abolit leurs effets alors qu'elle ne modifie pas ceux de l'adrénaline. Mais si Dale a cru en effet dans ses premiers travaux (*Journal of Physiology*, **34**, 1906, p. 198) que la nicotine abolit les effets des alcaloïdes de l'ergot il a bientôt constaté (*Biochemical Journal*, **2**, 1907, p. 250) que ces effets sont les mêmes avant et après nicotinisation.

(⁴) LANGECKER, *Archiv f. experiment. Pathologie und Pharmakologie*, **118**, 1926, p. 69, 94 et 98.

(⁵) C'est également à cette conclusion qu'ont abouti les recherches récentes de GANTER, *Arch. f. exp. Path. und Pharm.*, **113**, 1926, p. 136 et 146.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Dosage de l'arginine dans les protides purs et les tissus par la méthode de Jansen modifiée.* Note [1] de MM. **André Bonot** et **Théophile Cahn**, présentée par M. Roux.

Dans un grand nombre de recherches même récentes, sur l'évolution de la composition des organismes au cours du développement, sur les équilibres protoplasmiques, les dégénérescences, le jeûne, la plupart des biologistes font état, pour la caractérisation des protides, de leur teneur en azote totale. Ce procédé condamnable et contre lequel nous nous sommes déjà élevés [2] trouve sa cause dans le peu de satisfaction que donnent les méthodes couramment employées de détermination quantitative des acides aminés. Les unes sont inapplicables en raison de leur longueur ou de leur imprécision (méthodes d'éthérification), les autres sont sujettes à maintes critiques (méthodes colorimétriques), ou en voie de perfectionnement (modifications de Plimmer au procédé de van Slyke).

Nous avons entrepris le dosage quantitatif rigoureux de quelques aminoacides d'intérêt physiologique particulier, et en premier lieu de l'arginine dont l'universelle présence dans les protides souligne l'importance. Nous avons adopté le principe du dosage indirect posé par Jansen en 1916 : hydrolyse des protides, décomposition de l'arginine par l'arginase en ornithine et urée, dosage de l'urée. Les conditions d'action et la préparation de l'arginase ont été empruntées aux données d'Edlbacher et Bonem, recueillies par eux au cours de leur étude de ce ferment. Mais nous avons apporté un grand nombre de modifications d'intérêt pratique primordial, et remplacé l'emploi de l'uréase par celui du xanthydrol pour le dosage de l'urée. Nous avons abouti à une méthode rigoureuse qui s'est montrée d'emploi général comme nous le montrerons dans un Mémoire prochain. Nous donnerons ici une description brève du procédé.

3^g de tissu sec débarrassé d'extractifs et dégraissé, ou 3^g de protides purs, sont hydrolysés 48 heures avec 60^{cm^3} d'acide chlorhydrique à 20 pour 100. Le liquide est évaporé à sec au bain-marie dans le vide (20^{mm} Hg) pour enlever l'acide. Le résidu, repris par l'eau chaude, est versé dans une capsule de porcelaine. On porte à l'ébullition avec $0^g,5$ de noir animal très pur et très actif, qui enlève l'azote humique et décolore sans adsorber d'argi-

---

(1) Séance du 17 janvier 1927.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1685.

nine. On filtre; on amène à sec au bain-marie dans une capsule pour chasser les dernières traces d'acide chlorhydrique. On reprend par l'eau; on amène simultanément à un volume de 250$^{cm^3}$, et à une réaction alcaline *correspondant rigoureusement* au pH 9,9 (à l'aide de soude 2,5 fois normale).

Sur le liquide clair, on fait agir l'arginase. Elle est préparée par précipitation acétonique du suc de presse de foie de chien; son activité est titrée sur une solution d'arginine pure [1]. On se rend compte de l'activité de la poudre en déterminant le poids nécessaire pour décomposer complètement une quantité connue d'arginine de l'ordre de celle qui est contenue dans la prise à doser. Il convient de mettre toujours un excès d'arginase. L'action fermentaire est poursuivie 72 heures à 37° (Edlbacher et Bonem). La grande quantité d'acides aminés contenue dans le milieu joue le rôle de tampon; par suite, le pH ne change pas pendant toute la durée de l'action du ferment. Dans un milieu qui ne contient pas d'acides monoaminés, il faut user d'un tampon approprié (1^g,5 de glycocolle par dosage). On neutralise par de l'acide acétique dilué; on filtre; on évapore au bain-marie dans le vide sans atteindre 70° pour éviter toute hydrolyse de l'urée. Le résidu est repris par l'acide acétique à 70 pour 100 et additionné de quelques gouttes d'un déféquant pour enlever les traces éventuelles de protides provenant de la dissolution de l'arginase; puis on centrifuge. On transvase dans un becher et l'on précipite par un excès de xanthydrol à 10 pour 100 en solution dans l'alcool méthylique. La condensation et la précipitation de la dixanthylurée sont complètes en 10 heures. On filtre avec le vide, on lave la dixanthylurée avec un peu d'alcool méthylique saturé de xanthylurée. On sèche à 100°; on pèse. On obtient le chiffre d'urée et, en le multipliant par 0,414, on a le poids correspondant d'arginine.

En appliquant tous les temps de l'opération à deux prises contenant 0^g,150 d'arginine, on trouve : 1° 0,147; 2° 0,148. L'arginine ajoutée à des albumines se retrouve avec la même exactitude après hydrolyse.

En résumé, le dosage de l'arginine libre, ou libérée par hydrolyse dans les albumines, se fait par emploi de l'arginase et dosage au xanthydrol dans les conditions fixées par nous *avec une erreur inférieure à 2 pour* 100. Cette méthode dépasse en précision tous les procédés actuellement en usage pour doser cet acide aminé.

---

(1) Carbonate d'arginine préparé à partir de la scombrine des testicules mûrs de maquereau.

BIOLOGIE. — *Action des diastases dans le déterminisme d'éclosion de l'œuf chez le Moustique de la Fièvre jaune* (Stegomyia fasciata) Note de MM. **E. Roubaud** et **J. Colas-Belcour**, présentée par M. F. Mesnil.

Le Moustique de la Fièvre jaune (*Aëdes ægypti, A. argenteus, Stegomyia fasciata*, etc.) dépose ses œufs dans les collections d'eau d'usage courant ou sur les parois des récipients. Le développement embryonnaire s'accomplit dans l'œuf après la ponte et, au bout de deux à trois jours environ, la larve primaire est prête à éclore. Mais cette éclosion ne se produit pas spontanément, comme c'est le cas habituel pour les œufs des Culicides. Dans l'eau pure ou peu souillée de germes microbiens, on n'observe habituellement aucune éclosion et les œufs peuvent demeurer à l'état de vie latente pendant des mois sans libérer leurs larves. Mais si l'on ajoute, à de l'eau de robinet renfermant des œufs non éclos de *Stegomyia*, une eau souillée, riche en matières organiques et renfermant des microbes ou des levures, on assiste d'ordinaire à une éclosion soudaine et rapide des petites larves.

L'influence stimulante, exercée spécialement par les microbes et les levures sur le développement de ces œufs, a été déjà bien mise en évidence par Bacot ([1]) qui, avec Atkin ([2]), a effectué de nombreuses recherches en milieu stérile afin d'approfondir le curieux phénomène. Pour ces auteurs, le stimulus serait lié à une attraction odorante émanant des microorganismes vivants (non des cultures filtrées) qui impressionnerait le sens olfactif des jeunes larves à travers la coque de l'œuf.

Les expériences de Bacot sont à vrai dire assez confuses. Nous avons tenté de les reprendre afin de placer le problème sous son véritable jour. Nous avons reconnu, tout d'abord, que les milieux organiques (sol. de peptone, d'albumine, bouillon, etc.), stérilisés à l'autoclave, n'étaient pas aptes à provoquer l'éclosion massive des larves. Il en a été de même pour les produits simples de digestion ou de fermentation des protides (urée, glycocolle, alanine, indol, etc.), les acides ou alcalis de fermentation (acide lactique, ammoniaque, CO^2).

Par contre l'éclosion massive est obtenue à coup sûr soit par les cultures

---

([1]) *Jl. R. Microsc. Soc.*, février 1917, p. 173.
([2]) *Parasitology*, **9**, 1917, p. 482.

vivantes de bactéries (*B. coli*, Sarcines, etc.), ou de levures, soit par les *extraits filtrés* de ces cultures. Suffisamment concentrés, ces extraits se montrent aussi actifs que les cultures elles-mêmes, ce qui est contraire aux résultats obtenus par Bacot.

En raison de ces données, nous avons été amenés à penser que l'éclosion des œufs de *Stegomyia* était subordonnée rigoureusement, dans la nature, à la présence des ferments solubles élaborés par les microbes dans les eaux souillées propices au développement. D'autres expériences nous ont, en effet, montré que les diastases digestives animales ou végétales (pepsine, trypsine, papaïne), en solutions stériles, agissaient de même manière sur les œufs du moustique que les cultures microbiennes et leurs extraits. La rapidité de l'éclosion est proportionnelle à la concentration en diastase des solutions. Elle peut survenir en quelques minutes, avec des concentrations fortes, capables de déterminer la mort rapide des jeunes larves après l'éclosion; elle demande plusieurs heures ou plusieurs jours avec des concentrations faibles.

L'éclosion a lieu même dans des conditions d'alcalinité, d'acidité, ou de température, éloignées de l'optimum d'activité des différentes diastases.

La réponse d'éclosion dépend entièrement de l'activité biologique des diastases : dans les solutions *autoclavées* de trypsine ou de pepsine, les œufs demeurent à l'état de vie latente, mais l'éclosion de ces œufs survient à coup sûr, si l'on ajoute aux solutions qui ont perdu leur pouvoir tryptique ou peptique par la chaleur, de nouvelles quantités de diastase active.

Les diastases oxydantes (tyrosinase) paraissent agir de la même manière que les diastases digestives.

Ces faits font ressortir une adaptation étroite entre la vie larvaire du Moustique de la Fièvre jaune et les agents microbiens. Non seulement d'ailleurs l'éclosion du moustique est pratiquement subordonnée aux interventions diastasiques microbiennes s'exerçant dans les eaux de développement, mais encore toute la vie larvaire du *Stegomyia* peut être entièrement assurée par les microbes. Nous avons obtenu le développement intégral de l'insecte jusqu'à l'imago, en cultures pures de Sarcines, de *B. coli* ou de levures (*Torula*).

MÉDECINE. — *Principes généraux et technique du nouveau traitement de la maladie de Heine-Medin (paralysie infantile).* Note [1] de M. **Bordier**, présentée par M. d'Arsonval.

Cette méthode consiste en l'*association de la radiothérapie médullaire et de la diathermie* du ou des membres atteints, avec adjonction, quand cela est nécessaire, de l'électrothérapie (galvanisation) des muscles atrophiés.

L'origine de cette thérapeutique date des succès que j'ai obtenus en 1911, dans un cas de poliomyélite antérieure chronique de l'adulte (atrophie musculaire progressive, type Aran-Duchenne), par l'application de rayons X sur la moelle cervicale [2].

Mes premiers résultats concernant la poliomyélite antérieure aiguë de l'enfant (maladie de Heine-Medin, paralysie infantile) ont été publiés en 1921 [3].

Pour comprendre l'action de la radiothérapie, facteur principal du traitement, sur la moelle malade, il faut se rappeler que, dans une première période, les lésions médullaires consistent en une poussée de méningomyélite diffuse avec œdème et hyperémie et que dans une deuxième phase, ces phénomènes tendent à provoquer une destruction, par atrophie, des cellules motrices des cornes antérieures sous l'effet d'exsudats et d'une néoformation de tissu conjonctif. Le résultat le plus évident en est une paralysie des muscles dont l'innervation correspond aux cellules nerveuses frappées et qui s'accompagne ultérieurement de troubles trophiques.

L'action des rayons X est destinée à combattre cette cause directe et centrale de la paralysie en diminuant l'œdème et l'infiltration à petites cellules, en résolvant l'état inflammatoire et en empêchant l'extension des exsudats et la formation de tissu cicatriciel.

Il a été prouvé expérimentalement et cliniquement que les irradiations de la moelle chez des sujets jeunes sont sans danger.

Le traitement radiothérapique doit donc être entrepris le plus tôt possible après la fin de la période fébrile, quand la paralysie s'installe.

---

(1) Séance du 4 janvier 1927.

(2) H. Bordier, *Archives d'El. méd.*, **19**, 1911, p. 153.

(3) *Diathermie et Diathermothérapie*, 3e édition, 1927, p. 498.

Technique. — Il s'agit d'irradier le ou les segments de moelle au niveau desquels siège la lésion. Un électrodiagnostic précis et des notions anatomiques élémentaires en établiront la localisation.

On fait absorber la dose de rayons X nécessaire, variable suivant l'âge des malades : pour les enfants âgés de moins de 2 ans, cette dose est d'environ 200 unités R par séance; soit 600 unités R, ou 3 unités H *par série de* 3 *irradiations successives*, la mesure étant faite au niveau de la peau, *sous* un filtre de 6mm d'aluminium. Au-dessus de 3 ans, la dose administrée doit être augmentée, pour atteindre chez l'adulte 1000 unités R, ou 5 unités H par série de 3 irradiations. On se sert d'une ou deux portes d'entrée, suivant que la paralysie est uni ou bilatérale.

Le faisceau de rayons X doit pénétrer dans une direction perpendiculaire aux lames vertébrales peu épaisses ([1]). Après une série, on laisse un intervalle d'environ 25 jours, et l'on fait ainsi deux ou trois séries, suivant la gravité des cas.

Le second facteur du traitement est constitué par des applications de d'*arsonvalisation diathermique*. Celle-ci, qui provoque la chaleur dans l'intérieur même des tissus, est destinée à lutter contre l'insuffisance de l'irrigation sanguine et l'hypothermie et, par conséquent, à favoriser la nutrition de tous les tissus du membre paralysé. On doit l'appliquer dès le début, indépendamment des irradiations et la poursuivre jusqu'au retour permanent d'une température normale.

Enfin, l'électrothérapie sous forme de galvanisation continue et rythmée, ou de voltaïsation sinusoïdale, est appliquée dans le but de rendre aux muscles encore parésiés ou atrophiés des fonctions, un tonus et un volume normaux. Elle constitue une troisième phase du traitement physiothérapique et doit être poursuivie très longtemps.

Depuis que cette méthode a été préconisée, elle a donné, tant entre les mains de son promoteur ([2]) qu'entre celles de nombreux confrères ([3]), les résultats les plus encourageants. Elle a même reçu récemment une confirmation expérimentale intéressante ([4]).

Sans guérir à coup sûr les formes les plus graves de la poliomyélite, où la réaction de dégénérescence totale existe sur un grand nombre de muscles, la radiodiathermothérapie en améliore considérablement le pronostic et l'évolution et l'on peut dire que la majorité des formes à gravité moyenne ne résistent pas à son action puissante.

([1]) H. Bordier, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 554.
([2]) H. Bordier, *Diathermie et diathermothérapie*, 3e éd., 1927, p. 504.
([3]) H. Bordier, *Archives d'El. méd.*, 35, 1925, p. 116.
([4]) Kraus, *Zeitschrift f. d. gesamte phys. Therapie*, 30, 1925, p. 124.

On comprend l'importance de cette nouvelle méthode qui transforme l'avenir des malades jusqu'à ce jour très souvent jugés incurables, et qui mérite d'être appliquée sur une large échelle.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h20^m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 10 janvier 1927.)

Note de M. *Paul-Gabriel Girault*, Sur une image mécanique de l'hystérésis et sur l'inconstance de l'exposant de Steinmetz :

Page 79, ligne 18, *au lieu de* α étant l'élasticité des ressorts, *lire* α étant la flexibilité linéique des ressorts.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JANVIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 182 (1926, 1er semestre) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **Kyrille Popoff**, de l'Université de Sofia, qui assiste à la séance.

THÉORIE DES MARÉES. — *Sur la relation entre la vitesse maxima du courant et l'amplitude de la marée.* Note de M. **E. Fichot.**

On admet généralement, d'après des observations déjà anciennes, que dans les marées nettement semi-diurnes des côtes européennes, la vitesse maxima du courant est proportionnelle au coefficient.

Certaines mesures effectuées en 1921-1922 aux abords de Cherbourg par M. A. Courtier [1] s'accordent cependant mieux avec la proportionnalité de cette vitesse à la racine carrée du coefficient. Cette divergence m'a conduit à rechercher quelle relation doit théoriquement exister entre la vitesse maxima du courant et l'amplitude de la marée en un point quelconque d'un domaine littoral tel que la Manche ou la mer du Nord, soumis au régime amphidromique que j'ai précédemment étudié [2].

Les mêmes notations étant conservées ici, le rapport k de la vitesse

---

[1] *Annales hydrographiques*, 3e série, 6, 1923-1924, p. 169.

[2] *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 743; 176, 1923, p. 1292; 178, 1924, p. 1059.

maxima $|u|$ à l'amplitude $|\zeta|$ aura pour expression

$$k = \frac{g}{c}\left(\frac{\operatorname{ch}\frac{4\omega y}{c} + \cos\frac{2\mu x}{c}}{\operatorname{ch}\frac{4\omega y}{c} - \cos\frac{2\mu x}{c}}\right)^{\frac{1}{2}};$$

c'est une fonction des coordonnées qui, en général, varie d'un point à l'autre.

Mais à chaque valeur arbitrairement attribuée à k, correspond une courbe

$$(g^2 + k^2c^2)\cos\frac{2\mu x}{c} + (g^2 - k^2c^2)\operatorname{ch}\frac{4\omega y}{c} = 0,$$

en tous les points de laquelle l'élongation horizontale maxima $|u|$ et le marnage $2|\zeta|$ de la marée seront dans le même rapport $\frac{k}{2\mu}$; c'est-à-dire une courbe lieu des molécules décrivant, dans un plan vertical parallèle aux rives, des orbites elliptiques diversement inclinées, mais restant inscrites dans des rectangles *semblables*, dont la base horizontale est toujours, sauf au voisinage immédiat des points morts, très grande relativement à la hauteur. J'appellerai de telles courbes *courbes homocinétiques*.

D'après leur équation, les courbes homocinétiques sont symétriques, tant par rapport à l'axe de l'amphidromie que par rapport aux lignes cotidales d'heures O, III, VI et IX normales à cet axe, et elles ont pour centres les points amphidromiques et les points morts, auxquels elles se réduisent respectivement pour k infini ou nul.

La courbe correspondant à $k = \frac{g}{c}$ se compose des perpendiculaires à l'axe équidistantes des points amphidromiques et des points morts. Ses branches partagent le canal en plages rectangulaires d'un quart de longueur d'onde, où les valeurs de k sont alternativement supérieures et inférieures à $\frac{g}{c}$ et les courbes homocinétiques superposables de deux plages contiguës correspondent à des valeurs de k dont le produit vaut invariablement $\frac{g^2}{c^2}$.

On déduit aisément de l'équation générale qu'en un point xy du canal, la tangente à la courbe homocinétique passant par ce point a pour coefficient angulaire $-\frac{\mu}{2\omega}\coth\frac{4\omega y}{c}\operatorname{tang}\frac{2\mu x}{c}$; d'où l'on voit que les courbes homocinétiques coupent orthogonalement leurs axes de symétrie.

Ces résultats, rapprochés de ceux que j'ai précédemment obtenus, achèvent de définir 6 familles de courbes caractéristiques qui, associées deux à deux, lignes cotidales avec lignes d'égale amplitude, lignes cofluctuales avec lignes d'égale vitesse maxima, enfin lignes d'égal décalage avec lignes homocinétiques, constituent trois systèmes fondamentaux jouissant dans tout le domaine amphidromique d'une propriété projective commune. m_i, m'_i $(i = 1, 2, 3)$ représentant les coefficients angulaires des tangentes aux courbes associées de ces trois systèmes en un point xy, on a effectivement, quels que soient i et le point considéré,

$$m_i m'_i = -\frac{\mu^2}{4\omega^2}.$$

Les six directions caractéristiques forment donc, en tout point, trois couples de directions conjuguées d'une *même* ellipse horizontale dont les axes, orientés suivant les axes de coordonnées, sont respectivement proportionnels à 2ω et μ. Autrement dit, les trois systèmes fondamentaux peuvent être considérés comme la projection sur le plan d'équilibre de trois systèmes *orthogonaux* tracés sur un même plan, de trace parallèle ou perpendiculaire aux rives, et faisant avec le plan d'équilibre un angle dont le cosinus vaut, suivant l'un ou l'autre cas, $\frac{\mu}{2\omega}$ ou $\frac{2\omega}{\mu}$.

D'autre part, il suffit de connaître l'un quelconque des réseaux appartenant aux deux premiers systèmes pour en déduire graphiquement les cinq autres réseaux caractéristiques.

Pour $\mu = 2\omega$, les trois systèmes fondamentaux deviennent simultanément orthogonaux. C'est le cas d'un canal polaire soumis à une amphidromie sidérale semi-diurne ou encore d'un canal à la latitude $\pm 30°$ soumis à une amphidromie sidérale diurne.

Tous ces résultats étant indépendants du rapport ρ des intensités des deux ondes antagonistes sur l'axe médian du canal conviennent à une amphidromie virtuelle comme à une amphidromie effective; mais c'est la valeur de ρ qui fixe la position de l'axe de l'amphidromie.

Si la marée océanique extérieure, bien que complexe, reste nettement semi-diurne, nous aurons dans le canal une amphidromie plus compliquée qu'on pourra toutefois sensiblement considérer comme déterminée par le conflit de deux ondes opposées conservant la même période $\frac{2\pi}{\mu}$, tandis que leurs amplitudes varient lentement tout en restant dans le même rapport et que leurs phases, également variables, gardent le même décalage. Dans

ces conditions, rien ne sera changé, ni dans la situation des lignes caractéristiques de l'amphidromie, ni dans la valeur du rapport k en chaque point. Les trajectoires elliptiques verticales des diverses molécules ne font que s'amplifier dans une même proportion d'une marée à l'autre et, en chaque point, la vitesse maxima du courant dans une marée quelconque sera proportionnelle au marnage, c'est-à-dire au coefficient.

Mais cette loi ne subsisterait plus si les composantes de la marée étaient de périodes sensiblement différentes. Aucune loi simple ne lierait alors les variations de la vitesse maxima du courant à celles du marnage en un point donné et cette loi changerait elle-même d'un point à l'autre.

La loi particulière qui correspond aux observations de M. Courtier paraît indiquer un phénomène côtier de déversement et ne s'applique vraisemblablement qu'à une région assez limitée.

M. **Mesnil**, en faisant hommage à l'Académie des fascicules 4 et 5 des *Travaux de la station biologique de Roscoff*, publiés par M. Ch. Pérez, professeur à la Sorbonne et directeur de la Station, attire l'attention sur le fascicule 5 consacré à la mémoire de notre regretté confrère *Yves Delage*. On trouvera réunis dans ce fascicule les discours prononcés le 10 août 1924, lors de l'inauguration de la plaque scellée au mur du laboratoire de Roscoff, parmi lesquels le discours de notre confrère M. *Louis Joubin*, qui, avec M. *Marchal*, représentait l'Académie à la cérémonie. On y trouvera aussi la liste chronologique des publications d'*Yves Delage*.

M. **M. Brillouin** fait hommage à l'Académie de la traduction française des *Principes élémentaires de Mécanique statique* de J. W. Gibbs, par F. Cosserat et J. Rossignol, pour laquelle il a écrit une *Introduction*.

ÉLECTIONS.

M. **Paul Pascal**, par 36 suffrages, contre 8 à M. *Georges Denigès* et 3 à M. *Maurice Vèzes*, est élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Chimie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Bloch, *Les fonctions holomorphes et méromorphes dans le cercle unité*, formant le fascicule XX du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. J. Hadamard.)

2° *L'excitabilité en fonction du temps. La Chronaxie, sa signification et sa mesure*, par Louis Lapicque. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur des surfaces qui ne sont pas de révolution et ont leurs géodésiques fermées.* Note (¹) de M. **Bertrand Gambier.**

1. Depuis 35 ans, le beau Mémoire de M. G. Kœnigs sur les lignes géodésiques (²) fournit *implicitement* des surfaces qui ne sont pas de révolution et ont ∞^2 géodésiques fermées. Une surface admettant plusieurs réductions au type de Liouville (ou de Lie) admet *nécessairement* une réduction

$$(1)\qquad ds^2 = \left\{\frac{F(x)}{G(x)} - \frac{F(y)}{G(y)}\right\}\left\{\frac{dx^2}{G(x)} - \frac{dy^2}{G(y)}\right\},$$

où F, G sont deux polynomes de degré 4 au plus; l'équation d'Euler, avec la constante arbitraire a,

$$(2)\qquad dx\sqrt{F(y)+aG(y)} = dy\sqrt{F(x)+aG(x)},$$

donne leurs géodésiques et M. Kœnigs a montré comment une transformation algébrique de Darboux ramène les courbes planes γ, intégrales de (2) dans le plan x, y, à l'ensemble des coniques d'un certain réseau tangentiel. Il suffira ici de trouver un exemple où ces courbes γ n'ont pas de branche infinie et sont contenues tout entières dans la région du plan (x, y) où le ds^2 (1) est défini, positif, *sans qu'elles aient de point commun*

(¹) Séance du 24 janvier 1927.

(²) *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences*, 31, n° 6, 1894, p. 1-318.

avec la frontière de cette région. Or un ds^2 *exceptionnel*, à la fois de Liouville, de Lie, et de révolution, d'ailleurs déjà cité par Darboux comme application des idées de Maupertuis,

$$(3) \qquad ds^2 = (2 - u^2 - v^2)(du^2 + dv^2),$$

nous conduit au résultat annoncé; la forme (1) de ce ds^2 s'obtient par les formules

$$(4) \qquad \begin{cases} 2u = \sqrt{1+x}\sqrt{1+y}, & 2v = \sqrt{x-1}\sqrt{1-y}, \\ 32F(x) \equiv (2x^2 - 8x - 1)(1 - x^2), & G(x) = 1 - x^2. \end{cases}$$

Dans le plan (u, v), à l'intérieur du cercle $2 - u^2 - v^2 = 0$, les images des géodésiques sont les ellipses qui admettent ce cercle pour cercle orthoptique; dans le plan (x, y) on a une courbe fermée contenue dans le trapèze de côtés $y = \pm 1$, $x = 1$, $x + y = 4$. Gardons le polynome F, remplaçons $G(x)$ par $1 - x^2 + \varepsilon x^4$, où ε est numérique; pour ε suffisamment petit, le nouveau domaine où (1) est défini, positif, est voisin du trapèze et les nouvelles images γ' des géodésiques n'auront aucun point commun avec la frontière.

2. Dans une région où un ds^2 donné *a priori* est défini, positif, traçons une courbe γ image d'une géodésique et faisons-lui correspondre une courbe gauche C *arbitraire* par cette condition que l'arc de C soit égal à l'intégrale $\int ds$ évaluée sur γ : il y a, comme on sait, *deux* surfaces S et S_1, distinctes, *mais se raccordant le long de* C, ayant le ds^2 donné et admettant C pour géodésique, d'image γ; ces deux surfaces sont *isométriques*, non nécessairement *applicables* l'une sur l'autre (si C est plane, S et S_1 sont symétriques relativement au plan de C). Si γ est *fermée*, choisissons C fermée aussi et de longueur L égale à $\int_\gamma ds$; la surface S comprend une zone annulaire contenant C à son intérieur et représentant le ds^2 dans une certaine région annulaire contenant γ à son intérieur. Cette construction appliquée aux ds^2 étudiés ici donne un anneau de surface sillonné par ∞^2 géodésiques fermées, toutes de même longueur, rencontrant toutes C au moins en deux points, d'après les résultats de M. Hadamard. Si nous prenons une courbe gauche nouvelle fermée Γ de longueur pL (p entier arbitraire) correspondant à γ parcourue p fois, on a évidemment un anneau Σ décomposable en p bandes toutes applicables *directement* (conservation du *sens* des angles) les unes sur les autres et chacune totalement sur S; mais sur Σ toutes les géodésiques *fermées* issues d'un point A concourent de nouveau aux points *congruents* $A_1, A_2, \ldots A_{p-1}$.

3. *Réciproquement* M. Blaschke a montré (¹) que si, sur une surface Σ, *toutes* les géodésiques issues d'un point A *quelconque* se recoupent en A_1, la correspondance (A, A_1) est une *isométrie* de la surface ; *si le sens des angles est conservé, la surface Σ se déduit par le procédé indiqué d'une surface* S et p est le nombre des points congruents se correspondant sur la surface ; *si le sens des angles est renversé, il y a deux cas (analogues l'un à une symétrie par rapport à un point, l'autre par rapport à un plan)* : dans le premier l'anneau de surface Σ peut être mis en correspondance conforme avec un anneau sphérique, les points congruents ayant pour homologues deux points diamétralement opposés ; il n'y a alors aucun point *invariant ;* ce cas a été signalé par M. Caratheodory (²) ; mais le savant géomètre n'a pas reconnu *l'existence du second, où il y a une géodésique* Γ *exceptionnelle invariante ; les autres ont la forme d'un* 8, *le point double ayant pour lieu la courbe* Γ. Voici un exemple précis de ce type :

$$ds^2 = \left(\cos^2 y - \frac{1}{4} - \frac{\operatorname{tang}^2 x}{4}\right)\left[dx^2 + \left(\frac{2+\sin y}{4\cos y}\right)^2 dy^2\right],$$

$x = 0$ est la géodésique invariante. Je signale que le type voisin

$$ds^2 = \left(\cos^2 y - \frac{1}{4} - \frac{\operatorname{tang}^2 2x}{4}\right)\left[dx^2 + \left(\frac{2+\sin y}{4\cos y}\right)^2 dy^2\right]$$

donne des surfaces à géodésiques simplement fermées, non applicables sur une surface de révolution, ne possédant plus de points congruents.

ANALYSE HARMONIQUE. — *Analyse des courbes résultant de la superposition de sinusoïdes.* Note de M. **Henri Labrouste**, présentée par M. M. Brillouin.

On supposera le graphique donné par la valeur des ordonnées de la courbe (élongations) pour une suite de points régulièrement espacés suivant l'axe des abscisses (graphique tracé sur papier quadrillé ; la distance d'un trait du papier au suivant est prise pour unité).

I. Si, successivement, en chaque point de la suite précédente, on remplace l'ordonnée vraie y_0 par une nouvelle, égale à la somme $y'_1 + y_1$ de

(¹) *Vorlesungen über Differential Geometrie*, I, p. 155.

(²) *Abhandlungen aus dem Mathematischen Seminär, Hamburg*, 4, 1926, p. 297-312.

deux ordonnées immédiatement voisines, prises de part et d'autre, aux distances — 1 et + 1, on obtient un nouveau graphique où chacune des composantes de la courbe initiale est remplacée, comme on le verrait facilement, par une nouvelle composante de même période et de même phase qu'elle, mais d'amplitude modifiée. On appellera *combinaison simple* d'addition Y_1, de rang 1, l'opération ainsi effectuée en chaque point du graphique donné, pour la distance 1 ($Y_1 = y'_1 + y_1$).

La combinaison de rang m conduit à des résultats analogues : conservation, pour chaque sinusoïde, de sa période et de sa phase, mais non de son amplitude. Naturellement, la nouvelle amplitude, après la transformation, dépend non seulement de m, mais aussi de la période n de chaque composante. On démontrerait que toute combinaison Y_m a pour résultat de former un nouveau graphique où les ordonnées de chacune des composantes sont multipliées par un facteur spécial à chaque sinusoïde (*facteur de multiplication* G) égal $2\cos 2\pi\frac{m}{n}$.

II. Au lieu d'employer seulement des combinaisons simples Y_m, on peut utiliser certaines combinaisons complexes, par exemple $\Sigma K_m Y_m$ (K_m = constante). On peut aussi se servir de combinaisons faites non plus sur l'original, mais sur le résultat de combinaisons antérieures (combinaisons de combinaisons). Dans tous ces cas, les composantes transformées conservent encore même période et même phase; l'amplitude est modifiée et facilement calculable.

Exemple d'une combinaison complexe. — Soit

(1) $$0,1Y_0 + 0,7Y_1 - 0,5Y_2 - 1,1Y_3 + 0,8Y_4.$$

On a calculé ci-dessous les valeurs du facteur de multiplication G pour la combinaison (1), en fonction de la période n de chaque composante éventuelle :

n.	G.	n.	G.	n.	G.	n.	G.	n.	G.
4	+2,80	8	+1,15	12	+0,11	16	−0,06	20	−0,08
5	+3,72	9	+0,70	13	+0,04	17	−0,07	30	−0,05
6	+2,80	10	+0,41	14	−0,01	18	−0,07	40	−0,03
7	+1,84	11	+0,23	15	−0,04	19	−0,07	50	−0,02

On voit que, pratiquement, toutes les composantes où n est égal ou supérieur à 13 sont sensiblement détruites, quand on fait la combinaison (1) sur un graphique pouvant contenir certaines de ces périodes, tandis qu'une composante telle que $n = 5$, si elle existe aussi dans ce graphique, a son amplitude *multipliée* par 3,72.

Or on peut imaginer des combinaisons variées supprimant pratiquement d'autres ensembles de composantes : *d'où une méthode d'analyse.*

Méthode d'analyse. — L'emploi des combinaisons permet une exploration des composantes et a pour objet, en se laissant guider par des essais préalables, d'éliminer, par suppressions successives, toutes les composantes sauf une, qui se présente alors comme une courbe régulière à période constante. Lorsqu'une première composante simple C a été isolée, on l'élimine du graphique et l'on poursuit l'analyse sur le reste. Cette élimination se fait soit par soustraction de C des données initiales, en tenant compte du facteur G, soit au moyen d'une combinaison simple du type Y_m faite sur l'original, annulant seulement la composante reconnue ($G_c = 0$) et laissant subsister les autres composantes, opération sans inconvénient pour les recherches futures de la période et de la phase de chacune d'elles. On a d'ailleurs construit des Tables (qui paraîtront ailleurs), facilitant les calculs et donnant G pour des combinaisons simples et quelques combinaisons complexes.

Combinaisons de différence. — Au lieu de considérer les sommes

$$Y_0 = 2y_0, \qquad Y_1 = y'_1 + y_1, \qquad Y_2 = y'_2 + y_2, \qquad \ldots,$$

on peut aussi bien considérer les différences

$$Z_0 = 0, \qquad Z_1 = \pm(y'_1 - y_1), \qquad Z_2 = \pm(y'_2 - y_2), \qquad \ldots.$$

De même que les combinaisons Y, les combinaisons Z sont utilisables dans l'analyse. Les Tables signalées plus haut contiennent aussi les facteurs G relatifs aux combinaisons Z.

Il y a cependant une remarque à faire : les combinaisons Z transforment les composantes initiales en nouvelles sinusoïdes en quadrature avec les premières; deux combinaisons Z successives permettront de rétablir la phase.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les théorèmes d'oscillation des problèmes réguliers de Sturm pour les équations différentielles linéaires ordinaires du quatrième ordre.* Note [1] de M. **S.-A. Janczewski**, présentée par M. J. Hadamard.

I. Nous avons considéré [2] le système homogène du quatrième ordre

---

[1] Séance du 17 janvier 1927.
[2] *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 141.

que nous avons nommé système de Sturm :

$$(1) \qquad [\rho(x)y'']'' + [\psi(x) - \lambda\tau(x)]y = 0 \qquad (a \leq x \leq b),$$

$$(2) \quad U_i(y) \equiv c_{i1}(\rho y'')'_a + c_{i2}(\rho y'')_a + c_{i3}y'_a + d_{i1}(\rho y'')'_b + d_{i2}(\rho y'')_b + d_{i3}y'_b + d_{i4}y_b = 0 \quad (i = 1 - 4)$$

où l'on suppose que : 1° ρ, ρ', ρ'', ψ, τ sont des fonctions continues; $\rho > 0$, $\tau \geqq 0$ et ne s'annulent que pour un nombre fini de valeurs de x; 2° le système (1)-(2) — c_{ik}, d_{ik} étant constants — est son propre adjoint et les conditions $U_i(y) = 0$ équivalentes aux conditions du type

$$(3) \quad \begin{cases} a_{j1}(\rho y'')'_a + a_{j2}(\rho y'')_a + a_{j3}y'_a + a_{j4}y_a = 0, \\ b_{j1}(\rho y'')'_b + b_{j2}(\rho y'')_b + b_{j3}y'_b + b_{j4}y_b = 0 \\ \qquad (j = 1, 2). \end{cases}$$

Nous ferons usage dans la suite de toutes les notions employées dans cette Note.

II. Nous dirons que le problème de Sturm donné est régulier dans les deux cas suivants :

1° Si le déterminant de tête est 2468 ou 3468 ou 3478 [1].

2° Si, $y(x)$ étant une solution de l'équation $(\rho y'')'' - M(x)y = 0$, $(M > 0)$ aux conditions (2), on a en vertu de ces conditions $y_a \neq 8$ et $y_b \neq 0$; ou, quand les conditions sont équivalentes [1] aux conditions de la forme $y_a = 0, \ldots$ [resp. $y_a = y'_a = 0, \ldots$], si l'on a $y'_a \neq 0$ [resp. $y'_a \pm 0$] et $y_b \neq 0$.

Chaque problème régulier de Sturm peut être réduit à un problème aux conditions d'une des dix formes canoniques signalées dans la Note précédente, seulement les coefficients N_2, P seront maintenant non positifs et les coefficients N, K, Q, Q_2 non négatifs. Il est aisé de trouver les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un système de Sturm soit régulier. Par exemple, si l'on considère un système (1)-(3) dont le déterminant de tête est 1256, ces conditions sont

$$(4) \quad \begin{cases} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{14} \\ a_{21} & a_{24} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \geqq 0, \quad \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix} \geqq 0, \\ \begin{vmatrix} b_{31} & b_{33} \\ b_{41} & b_{43} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{31} & b_{32} \\ b_{41} & b_{42} \end{vmatrix} \geqq 0, \quad \begin{vmatrix} b_{31} & b_{34} \\ b_{41} & b_{44} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{31} & b_{32} \\ b_{41} & b_{42} \end{vmatrix} \leqq 0. \end{cases}$$

Si le déterminant de tête est 2456, nous aurons seulement les deux dernières, etc.

---

[1] A un changement de x en $(q + b - x)$ près.

3° En se servant de la méthode de continuité (¹) nous démontrons dans le cas du problème régulier de Sturm le théorème d'oscillation suivant :

a. Si $\psi \equiv 0$, le système considéré a les nombres caractéristiques réguliers $0 < \lambda_4 < \lambda_5 \ldots$ de l'indice 1, les fonctions caractéristiques (fondamentales) ayant 4, 5, ... zéros simples dans l'intervalle $a < x < b$; les quatre premiers nombres caractéristiques λ_0, λ_1, λ_2, λ_3 tous moindres que λ_n peuvent être irréguliers.

b. Si $\tau \neq 0$, $\psi \not\equiv 0$, le système considéré a une infinité de nombres caractéristiques réguliers $\lambda_m < \lambda_{m+1} < \ldots$ de l'indice 1, les fonctions caractéristiques correspondantes ayant m, $m+1$, ... zéros simples dans l'intervalle $a < x < b$; les m premiers nombres caractéristiques $\lambda_0 \lambda_1 \ldots \lambda_{m-1}$, qui sont tous finis et moindres que λ_m, peuvent être irréguliers. On peut prendre pour m le numéro du plus petit nombre caractéristique positif régulier λ_m surpassant le rapport de $\max\psi$ à $\min\tau$ pour le problème qui résulte du problème donné quand on remplace ψ par $\min\psi$ et τ par $\max\tau$. Si dans le problème considéré $\psi = 0$, on a $m \leqq 4$, $\lambda_m > 0$.

4° Pour étudier les propriétés des nombres caractéristiques irréguliers, on peut considérer quelques problèmes particuliers. Ainsi, par exemple, la recherche des minimums de l'expression $\int_0^1 y''^2\,dx - Ny_0^2$ $(N > 0)$ sous les conditions : 1° que $\int_0^1 y^2\,dx = 1$; 2° que la deuxième fonction donnant à l'expression envisagée une valeur minimum est orthogonale à la première, etc., nous conduit au système

$$y^{\text{IV}} - \lambda y = 0, \qquad y_0''' - Ny_0 = 0, \qquad y_0'' = y_1''' = y_1'' = 0$$

dont le théorème d'oscillation nous est maintenant connu. Ajoutons que λ_2, λ_3, ... sont ici les nombres caractéristiques réguliers et $\lambda_0 \lambda_1$ irréguliers. λ_1 est $= 0$, la fonction caractéristique correspondant étant $y = Cx$; λ_0 est négatif et possède une fonction caractéristique s'annulant quelquefois pour $a < x < b$. Nous voyons, entre autres, qu'on ne peut pas étendre le théorème de M. Courant (²) sur les problèmes du quatrième ordre.

(¹) Voir O. HAUPT, *Dissertation*, 1911, p. 19-23, 32-40; *Math. Ann.*, 76, p. 73-80.

(²) COURANT-HILBERT, *Methoden der math. Physik*, p. 366.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions méromorphes quasi-exceptionnelles*. Note de M. **Walter Saxer**, présentée par M. Goursat.

On doit à M. Montel ([1]) les notions suivantes : Soit une famille de fonctions méromorphes à l'intérieur d'un domaine connexe D :

1° Elles forment une famille normale dans ce domaine, si, de toute suite infinie de fonctions de la famille, on peut extraire une suite partielle convergeant uniformément dans tout domaine D' intérieur à D.

2° Elles forment une famille quasi-normale dans ce domaine si, de toute suite infinie de fonctions de la famille, on peut extraire une suite partielle, convergeant uniformément dans tout domaine D' intérieur à D, sauf en un nombre fini de points, nommés points irréguliers pour cette suite. Un tel point A, irrégulier pour une suite, est un point irrégulier d'ordre μ s'il existe une infinité de fonctions $f_n(z)$ pour lesquelles $f_n(z) - a$ ait μ zéros autour de A sauf pour une valeur exceptionnelle de a au plus et s'il n'existe qu'un nombre fini de ces fonctions pour lesquelles $f_n(z) - a$ ait $\mu + 1$ zéros dans les mêmes conditions. S'il existe pour un point irrégulier un tel nombre μ, nous disons que ce point est irrégulier d'ordre fini.

On dit que la famille est normale ou quasi-normale en un point P intérieur au domaine, si elle est normale ou quasi-normale dans un cercle de centre P.

M. Ostrowski, dans un Mémoire ([2]) important, a déterminé toutes les fonctions exceptionnelles au sens de M. Julia, c'est-à-dire les fonctions méromorphes pour $|z| \geqq R$ possédant la propriété suivante : Soit $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_n, \ldots$ une suite quelconque de nombres complexes avec $\lim_{n \to \infty} |\sigma_n| \to \infty$. La famille $f(\sigma_n z)$ doit être normale en un point quelconque du plan, excepté pour $z = 0$ et $z = \infty$. M. Ostrowski a montré qu'une certaine classe de fonctions méromorphes d'ordre zéro remplit seule cette condition si l'on suppose $R = 0$, et que la question générale se ramène immédiatement à ce cas.

On peut généraliser ces recherches et déterminer, par une méthode

([1]) P. Montel, *Sur les familles quasi-normales de fonctions analytiques* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 52, 1924, p. 85-114).

([2]) A. Ostrowski, *Ueber Folgen analytischer Funktionen und einige Verschärfungen des Picardschen Satzes* (*Mathematische Zeitschrift*, 24, 1925, p. 215-258).

semblable à celle de M. Ostrowski, toutes les fonctions méromorphes pour $|z| \geqq R$ dont les familles $f(\sigma_n z)$ ne sont plus normales pour chaque point z du plan, excepté pour $z=0$ et $z=\infty$, mais quasi-normales, avec des points irréguliers d'ordre fini. Nous disons qu'une fonction possédant cette propriété est quasi-exceptionnelle-d'ordre fini. J'ai trouvé cette généralisation à propos d'une question posée par M. Montel.

Les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une fonction méromorphe soit quasi-exceptionnelle-d'ordre fini sont les suivantes :

Chaque fonction méromorphe pour $|z| \geqq R$ et quasi-exceptionnelle-d'ordre fini est le produit d'une fonction méromorphe dans tout le plan et quasi-exceptionnelle-d'ordre fini par une fonction $g(z)$, holomorphe pour $|z| > R$ et telle que $g(\infty) = 1$.

Une fonction $f(z)$, méromorphe dans tout le plan et quasi-exceptionnelle-d'ordre fini est le quotient de deux fonctions entières d'ordre zéro,

$$f(z) = Cz^p \frac{\prod\left(1 - \frac{z}{a_k}\right)}{\prod\left(1 - \frac{z}{b_k}\right)}$$

(p entier $\gtreqless 0$; C constante $\neq 0$)

dont les zéros a_k et pôles b_k satisfont aux conditions suivantes :

a. Si l'on pose

$$M(r) = r^p \frac{\prod\limits_{|a_k| \leqq r} \frac{r}{|a_k|}}{\prod\limits_{|b_k| \leqq r} \frac{r}{|b_k|}}$$

il existe deux constantes positives k_1 et $k_2 > 0$, indépendantes de k telle que pour $M(r) \leqq k_1$, resp. $M(r) \geqq \frac{1}{k_1}$, le nombre des pôles, resp. des zéros, dans l'anneau $r \leqq |z| \leqq 2r$ est plus petit que k_2.

b. Soit $n(r)$ la différence entre le nombre des zéros et celui des pôles contenus dans le cercle $|z| \leqq r$. Il existe une constante $k_3 > 0$ telle que, si l'on a

$$\frac{1}{k_1} \leqq M(r) \leqq k_1,$$

on en déduit

$$|n(r)| \leqq k_3.$$

Exemples :

$$f(z)=\frac{\prod_{n=1}^{\infty}\left(1+\frac{z e^{\frac{2\pi i}{n}}}{2^n}\right)}{\prod_{n=1}^{\infty}\left(1+\frac{z e^{-\frac{2\pi i}{n}}}{2^n}\right)},\qquad f(z)=\frac{\prod_{n=1}^{\infty}\left(1-\frac{z}{2^n}\right)}{\prod_{n=1}^{\infty}\left(1+\frac{z}{2^{n^2}}\right)^n}.$$

Cas particulier. — Soit $g(z)$ une fonction entière et quasi-exceptionnelle-d'ordre fini. $M(r)$ est, dans ce cas, une fonction croissante, d'où l'on peut conclure, d'après nos conditions : Pour qu'une fonction entière $g(z)$ soit quasi-exceptionnelle-d'ordre fini, il faut et il suffit qu'elle soit d'ordre zéro et que le nombre de ses zéros dans un anneau $0 < r \leqq |z| \leqq 2r$ soit plus petit que k_2.

On déduit immédiatement de nos conditions les trois conditions nécessaires et suffisantes de M. Ostrowski, relatives aux modules des zéros et des pôles d'une fonction méromorphe exceptionnelle au sens de M. Julia.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Surfaces W et surfaces à courbure constante.* Note [1] de M. **R. Gosse**, présentée par M. E. Goursat.

Dans un Mémoire [2] récent, j'ai montré que si une équation aux dérivées partielles admet une involution d'ordre $n > 3$, sans en admettre d'ordre compris entre n et 3, il existe une expression w d'ordre $\leqq 5$, qui vérifie la relation

$$(\Gamma)\qquad \frac{\partial w}{\partial x}=\mathrm{A}w+\sigma_{m,1}\qquad (m \text{ entier compris entre 3 et } n).$$

Si l'équation est linéaire, l'ordre de w est $\leqq 4$.

La mise en œuvre de cette condition permet de déterminer quand sont intégrables par la méthode de Darboux les équations

$$r-m^2t+c=0,$$
$$r+\ as\ +b=0,$$

et par suite, toutes les équations de Monge-Ampère qui admettent une intégrale intermédiaire du premier ordre.

---

(1) Séance du 4 janvier 1926.

(2) Gosse, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4, 1925, p. 381.

La condition Γ comprend les conditions nécessaires de M. Gau (1) et, quand on a fait les restrictions que ces dernières imposent, elle en fournit de nouvelles, qui m'avaient déjà permis de terminer la discussion du problème de la déformation des surfaces (2). Il était indiqué de penser à faire la même étude pour l'équation linéaire dont Darboux (3) fait dépendre la détermination des surfaces W. Un changement d'inconnue et de notations permet de la mettre sous la forme

$$\text{(E)} \qquad R - Tm^2(Z) + 2m\frac{dm}{dZ}Q^2 + h(Z) = 0.$$

Quand $m(Z)$ est constant, l'étude directe de E conduit aux surfaces canaux, aux surfaces minima et à la surface de Weingarten. Dans le cas général, il n'y a de surface W dont l'équation dépende explicitement d'une fonction arbitraire que si la relation entre R et R' peut se ramener à l'une des formes

$$\text{(I)} \qquad R - R' = \alpha, \qquad R' = \operatorname{tangh} R;$$

$$\text{(II)} \qquad R - R' = k\sqrt{\frac{1-k^2}{\alpha^2-k^2}}, \qquad R = \int\sqrt{\frac{1-k^2}{\alpha^2-k^2}}\,dk.$$

Le calcul indiqué par Darboux fournit alors deux familles de surfaces W_1 et W_2 dont les équations dépendent explicitement de deux fonctions arbitraires. Les surfaces W_1 ont une des nappes de leur développée applicable sur un hyperboloïde de révolution; *l'autre nappe est applicable sur une surface à courbure totale constante : elle constitue une famille de surfaces à courbure totale constante et dépendant d'une fonction arbitraire.* Ce sont les surfaces de Serret.

Ce résultat, masqué jusqu'ici par une curieuse inadvertance de calcul, se retrouve facilement dans l'étude de l'équation de la déformation ramenée à la forme E' (4) : quand l'élément linéaire donné

$$ds^2 = du^2 + \Gamma^2 dv^2$$

ne convient pas à une surface gauche, la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une involution du second ordre s'écrit, pour un système de caractéristiques,

$$\frac{\partial}{\partial u}\frac{\Gamma''}{\Gamma} + \frac{i}{\Gamma}\frac{\partial}{\partial v}\frac{\Gamma''}{\Gamma} = 0.$$

(1) GAU, *Annales de l'École Normale supérieure*, 2, 1925, p. 89.
(2) Voir *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1125.
(3) DARBOUX, *Théorie générale des surfaces*, 3, p. 318.
(4) *Comptes rendus* (*loc. cit.*).

Elle exprime que, sur les surfaces correspondantes, la courbure totale reste constante le long d'une famille de lignes de longueur nulle.

Dans le cas particulier où l'on a séparément

$$\frac{\partial}{\partial u}\frac{\Gamma'}{\Gamma}=0, \qquad \frac{\partial}{\partial v}\frac{\Gamma''}{\Gamma}=0,$$

la courbure totale est constante en tous points et il y a deux involutions du second ordre pour chaque système de caractéristiques.

Cette méthode fournit donc aussi une famille de surfaces à courbure totale constante, dépendant d'une fonction arbitraire et un résultat classique [1] permet d'affirmer que c'est là la solution explicite la plus générale du problème de la déformation des surfaces à courbure totale constante.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration d'un certain système d'équations différentielles.* Note [2] de M. **Beniamino Segre**, présentée par M. Émile Borel.

Dans plusieurs questions on peut se ramener à intégrer un système complètement intégrable du type suivant :

$$(1)\qquad \begin{cases} x_{uuv}= r x_{uu}+ s x_{uv}+ p x_u+ q x_v+ m x, \\ x_{vvu}= r' x_{vv}+ s' x_{vu}+ p' x_v+ q' x_u+ m' x, \end{cases}$$

dans lequel x est l'inconnue, fonction de u et v, les lettres en bas indiquent des dérivations, et r, r', s, ... sont des fonctions connues de u, v.

Je me propose de démontrer ici que *l'intégration d'un système* (1) *complètement intégrable, peut en général se ramener à l'intégration d'une seule équation de Laplace* [3].

---

(1) Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations du second ordre*, 2, 185.

(2) Séance du 24 janvier 1927.

(3) M. E. Bompiani a étudié un tel système dans la Note : *Determinazione delle superficie integrali d'un sistema di equazioni a derivate parziali lineari ed omogenee* (*Rendic. R. Istit. Lombardo di Scienze e Lettere*, 52, 1919, Nota II, p. 820, § 3); sa méthode (à la différence de la mienne) ne conduit à l'intégration du système considéré que dans des cas particuliers.

J'ai développé, dans un Mémoire qui paraîtra prochainement (*Les systèmes con-*

2. Posons

(2) $$y = x_{uv} - r x_u - r' x_v + (r_u - rs + rr' - p)\, x.$$

Dérivons (2) par rapport à u, et dans l'équation qu'on obtient ainsi exprimons x_{uuv} avec la première des équations (1), et x_{uv} au moyen de l'équation (2). On peut opérer de même par rapport à v, et nous obtenons de la sorte [en tenant présentes les conditions d'intégrabilité complète du système (1)] deux équations de la forme suivante :

(3) $$\begin{cases} y_u = e y + g x, \\ y_v = e' y + g' x + f x_v. \end{cases}$$

Il est clair que si nous éliminons y des (3) au moyen de (2) nous obtenons de nouveau le système (1), donc nous aurons toutes et seules les solutions x de ce système, en déterminant les solutions x, y du système formé par les trois équations (2) et (3).

3. Égalons les deux valeurs de y_{uv} qu'on obtient des (3) avec des dérivations, et dans la relation ainsi obtenue éliminons y_u et y_v au moyen des (3), nous avons

(4) $$y(e_v - e'_u) = f x_{uv} + g' x_u + (f_u - ef - g) x_v + (g'_u - g_v + e'g - eg')\, x.$$

Un calcul, qui ne présente pas de difficultés, montre que l'on a

(5) $$\begin{cases} f = e_v - e'_u, \\ g' = -r(e_v - e'_u), \\ f_u - ef - g = -r'(e_v - e'_u), \\ g'_u - g_v + e'g - eg' = (r_u - rs + rr' - p)(e_v - e'_u). \quad [1] \end{cases}$$

Nous allons maintenant distinguer deux cas, suivant que $e_v - e'_u$ (qui est égal à $r_u + s_v - r'_v - s'_u$) est nul ou bien est différent de zéro.

4. *Supposons que l'on ait* $e_v - e'_u = 0$. — Les équations (5) fournissent

jugués et autoconjugués d'espèce ν et leur transformation de Laplace), la théorie de certaines équations différentielles, que j'appelle équations $\mathfrak{L}$ d'espèce ν : les équations (1) ne sont autre chose que des équations $\mathfrak{L}$ de deuxième espèce.

[1] Les formules (5) se démontrent presque sans calculs avec le raisonnement suivant. Si l'on a $e_v - e'_u = 0$, la (4) se réduit à une équation différentielle de deuxième ordre pour la fonction x : comme celle-ci est une conséquence du système (1) qui par hypothèse est complètement intégrable, ainsi elle doit être vérifiée identiquement, savoir que tous ses coefficients doivent s'annuler. Si $e_v - e'_u \neq 0$, on peut faire un raisonnement semblable pour la relation qu'on obtient en éliminant la y entre la (4) et la (2); et les formules qu'on obtient ainsi sont précisément les (5).

dans cette hypothèse : $f = g = g' = 0$, et les (3) se réduisent au système suivant (qui est complètement intégrable) :

$$y_u = e\,y$$
$$y_v = e'\,y.$$

Ce système fournit la y avec des seules quadratures.

Pour ce qu'on a dit à la fin du n° 2, on obtient toutes et seules les solutions x du système proposé en intégrant l'équation de Laplace non homogène (2), dans laquelle y est la fonction de u et v déterminée comme nous venons de le dire.

5. *Supposons maintenant* (ce qui sera le cas général) *qu'on ait* $f = e_v - e'_u \neq 0$. Dans cette hypothèse les (5) montrent que la (2) est *identique* à la (4), et donc qu'elle est *une conséquence* du système (3); pour ce qu'on a dit à la fin du n° 2, il suffira, pour intégrer le système proposé, d'*intégrer le système* (3). Nous avons deux cas à distinguer, suivant que la g est nulle, ou bien est différente de zéro ([1]).

Dans le premier cas, la première des équations (3) se réduit à $y_u = ey$, et fournit la y avec une seule quadrature. L'équation (3) restante est alors pour la x une équation *aux dérivées ordinaires du premier ordre* (puisque $f \neq 0$), linéaire et non homogène; en l'intégrant on obtient la solution x la plus générale du système proposé.

Si au contraire (ce qui sera le cas général) on a $g \neq 0$, la première des équations (3) fournit

$$x = \frac{1}{g} y_u - \frac{e}{g} y. \tag{6}$$

En substituant cette valeur de x dans l'équation (3) restante, nous obtenons (puisque $f \neq 0$) une *équation de Laplace* ordinaire pour la fonction y. Si l'on intègre cette dernière équation, l'équation (6) fera alors connaître la solution x la plus générale du système proposé.

([1]) On démontre sans difficulté que

$$g = r_{uu} - 2(s - r')\,r_u + (s - r')^2 r + r r'_u - r s_u - p_u + p s - p r' + m.$$

On pourrait faire des considérations analogues à celles que nous venons de faire, en posant, au lieu de la (2),

$$y' = x_{uv} - r x_u - r' x_v + (r'_v - r' s' + r r' - p')\,x.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les points singuliers des fonctions analytiques.* Note de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

M. Mandelbrojd, dans divers travaux [1], avait démontré quelques théorèmes qui permettent de conclure, dans quelques cas, l'existence d'autres points singuliers que des pôles, etc. Dans cette Note je donne, par une méthode directe, des résultats nouveaux.

I. *Soit* $f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots$ *une fonction analytique avec rayon de convergence de la série égal à un. Si*

$$(1) \qquad a_{n_\lambda^{(\mu)}+\mu-1} = o(1),$$

où

$$n_\lambda^{(\mu)} = \lambda q_\lambda^{(\mu)} \qquad \left(\lambda = 1, 2, 3, \ldots; \mu = 1, 2, \ldots, m; \varlimsup_{\lambda=\infty} \frac{\log q_\lambda^{(\mu)}}{\log \lambda} < \frac{1}{m}\right),$$

la fonction $f(z)$ *aura, sur son cercle de convergence, au moins* $m+1$ *pôles d'ordre le plus élevé, ou au moins un point singulier autre qu'un pôle.*

En effet, soient $\alpha_1^{-1}, \alpha_2^{-1}, \ldots, \alpha_m^{-1}$ les m pôles d'ordre k le plus élevé. On aura

$$f(z) = \frac{A_1}{(1-\alpha_1 z)^k} + \ldots + \frac{A_m}{(1-\alpha_m z)^k} + \frac{B_1}{(1-\alpha_1 z)^{k-1}} + \ldots + b_0 + b_1 z + \ldots,$$

où $|b_n| < M\rho^n$ $(\rho < 1)$, ce qui nous donne

$$a_n = \binom{n+k-1}{k-1} \varphi(n) + \tau_n,$$

où

$$\varphi(n) = A_1 \alpha_1^n + \ldots + A_m \alpha_m^n, \qquad \lim_{n=\infty} \frac{\tau_n}{\binom{n+k-1}{k-1}} = 0.$$

Si, pour des valeurs n_λ de n, on a $|\varphi(n)| > \delta > 0$, on aura aussi

$$\varlimsup_{\lambda=\infty} \frac{|a_{n_\lambda}|}{n_\lambda^{k-1}} > 0.$$

Supposons que $A_1 + A_2 + \ldots + A_m \neq 0$, alors on peut trouver une quantité $\varepsilon > 0$ telle que

$$|A_1 e^{i\psi_1} + \ldots + A_m e^{i\psi_m}| > \gamma_1 > 0 \qquad \text{pour } |\psi_1| < \varepsilon, \ \ldots, \ |\psi_m| < \varepsilon.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 728 et 978; **182**, 1926, p. 38. — *Annales de l'École Normale supérieure*, **40**, 1923, p. 431.

Cela posé, soient $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_m$ les arguments des $\frac{1}{\alpha_1}, \ldots, \frac{1}{\alpha_m}$; alors, d'après le théorème d'Hermite, les inégalités

$$\left|\frac{\theta_s}{2\pi} - \frac{p_s}{\lambda}\right| < \frac{1}{\lambda\sqrt[m]{\lambda}} \qquad (s = 1, 2, \ldots, m)$$

ont une infinité de solutions en nombres entiers p_s, λ, où l'on aura

$$|\lambda q'_\lambda \lambda_s = 2\pi q'_\lambda p_s| < \frac{2\pi q'_\lambda}{\sqrt[m]{\lambda}}.$$

A cause de la condition (1), il suit qu'à partir d'une valeur de λ

$$|\lambda q'_\lambda \theta_s = 2\pi q'_\lambda p_s| < \varepsilon,$$

ce qui nous montre que a_{n_λ} ne tendra pas vers zéro.

Si $A_1 + \ldots + A_m = 0$ on applique les mêmes considérations pour $f'(z)$ et ainsi de suite jusqu'à $f^{(m-1)}(z)$ et l'on obtient le théorème énoncé. De I il suit immédiatement

II. *Soit pour* $f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots$ *le rayon de convergence égal à l'unité et que*

$$a_{n_\lambda^{(\mu)}+\mu-1} = o(1), \qquad n_\lambda^{(\mu)} = \lambda q_\lambda^{(\mu)}, \qquad \lim_{\lambda=\infty} \frac{\log q_\lambda^{(\mu)}}{\log \lambda} = 0$$

$$(\lambda = 1, 2, 3, \ldots; \mu = 1, 2, 3, \ldots).$$

Alors $f(z)$ *aura sur son cercle de convergence au moins un point singulier autre qu'un pôle.*

Considérons maintenant une fonction $f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots$ qui a seulement sur son cercle de convergence (le rayon supposé égal à un) des pôles et des points singuliers essentiels. D'après un théorème de Wiegert-Faber on aura $a_n = \sum_{\mu=1}^{p} e^{i\theta_\mu} \varphi_\mu(n) + b_n$, où $|b_n| < \mu\rho^n$, $\rho < 1$, $\varphi_\mu(x)$ des fonctions entières satisfaisant aux inégalités $|\varphi_\mu(x)| < e^{\varepsilon|x|}$ pour $|x| > R(\varepsilon)$ ($\varepsilon > 0$) et arbitraire, il suit

$$\overline{\lim_{n=\infty}} \frac{\log|a_n|}{n} \leqq 0,$$

d'où l'on a la proposition : Si $\overline{\lim\limits_{n=\infty}} \frac{\log|a_n|}{n} > 0$, la fonction $f(z)$ aura au moins un point singulier autre qu'un pôle ou qu'un point singulier essentiel sur son cercle de convergence.

Enfin je ferai une remarque sur un théorème de M. Hadamard.

Si $\Delta_n^p = |a_{ns}|$ ($n, s = 1, 2, \ldots, p$; $a_{ns} = a_{n+r+s-2}$) et si $f(z)$ a son cercle de convergence seulement des pôles et *les pôles d'ordre le plus élevé* sont α_1^{-1}, α_2^{-1}, ..., α_p^{-1}, alors $\sqrt[n]{\Delta_n^p}$ tend régulièrement vers $\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_p$ quand n augmente indéfiniment. On peut le démontrer par la méthode qu'a suivie M. Borel [1].

MÉCANIQUE. — *La structure atomique de la matière et du rayonnement et la Mécanique ondulatoire*. Note de M. **Louis de Broglie**, transmise par M. M. de Broglie.

La nouvelle Mécanique assimile le point matériel dans un champ *donné* à un phénomène ondulatoire dont l'équation de propagation contient la fonction potentielle $F(x, y, z, t)$ [2]. Il semble physiquement probable que cette équation admet dans chaque cas une solution de la forme

$$f(x, y, z, t) \cos \varphi(x, y, z, t),$$

la fonction f comportant une singularité ponctuelle, en général mobile, qui traduit analytiquement l'existence du point matériel. Au degré d'approximation des anciennes mécaniques, on démontre que la vitesse de cette singularité est à chaque instant normale à la surface $\varphi = \text{const.}$ et il doit vraisemblablement en être de même quand les mécaniques anciennes ne sont plus applicables. Admettons cette proposition et considérons un nuage de points auxquels correspond la même fonction φ; leurs vitesses seront à chaque instant normales aux surfaces de la famille $\varphi = \text{const.}$ et l'on prouve que le mouvement *global* du nuage peut être représenté par une solution *à amplitude continue* $a(x, y, z, t) \cos \varphi(x, y, z, t)$ de l'équation de propagation de telle sorte que la densité du nuage soit donnée par la formule

$$\rho(x, y, z, t) = \text{const.}\, a^2(x, y, z, t) \left[\frac{\partial \varphi}{\partial t} - \frac{2\pi}{h} F(x, y, z, t) \right],$$

le crochet pouvant d'ailleurs être considéré comme constant à l'approximation newtonienne.

Cette représentation du mouvement d'un nuage de points à l'aide d'une onde continue conduit à l'interprétation des interférences que j'ai précédemment proposée [3]. Elle pourrait peut-être conduire aussi à comprendre

(1) E. Borel, *Leçons sur les fonctions méromorphes*, 1903, p. 26.
(2) Cf. *Journal de Physique*, 6e série, 7, 1926, p. 321-337.
(3) Voir *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 447.

le rôle que jouent les solutions continues (Eigenfunktionen) dans la nouvelle Mécanique. Ces solutions ne représenteraient pas réellement les phénomènes atomiques, mais le carré de leur amplitude donnerait, *à l'approximation newtonienne*, les probabilités d'états et de transition comme le pense M. Born. Pour la dynamique des systèmes, les équations admises par Schrödinger qui font intervenir la notion abstraite d'espace de configuration ne seraient pas de véritables équations de propagation mais détermineraient seulement des probabilités de présence. On pourrait alors comprendre pourquoi, dans le cas des interactions nulles, elles admettent comme solutions le *produit* des amplitudes des ondes continues relatives aux divers points.

Malgré les difficultés que présente leur mise au point, il nous paraît intéressant de signaler ces idées qu'on peut résumer comme suit : en Micromécanique comme en Optique, les solutions continues des équations de propagation ne doivent fournir qu'une représentation statistique, la description microscopique exacte des phénomènes exigeant sans doute l'emploi de solutions à singularités traduisant la nature atomique de la matière et du rayonnement.

AÉRODYNAMIQUE. — *Application des tourbillons conjugués à l'aérodynamique du cercle et des profils.* Note [1] de M. **P. Dupont**, présentée par M. Rateau.

Le potentiel complexe

$$f = U_0\left[z + \frac{R^2}{z} + i\alpha R L \frac{z - t_1}{z - t_2}\right] \tag{1}$$

représente un écoulement plan parallèle de fluide parfait incompressible, se réduisant à l'infini à une translation U_0, et contournant un cercle de rayon R dont le centre est l'origine du plan de la variable z; les axes Ox, Oy ont un sens direct, Ox étant parallèle à U_0 et de sens contraire; t_1 et t_2 sont les affixes de deux tourbillons conjugués par rapport au cercle; α, nombre sans dimension, est le *coefficient d'intensité* du tourbillon intérieur, positif s'il est sinistrorsum; α peut être déterminé pour qu'un point P_1 du cercle, d'argument θ_1, ait une vitesse tangentielle nulle.

La transformation conforme $Z = F(z)$ du cercle donne un profil à pointe

[1] Séance du 24 janvier 1927.

si $\frac{dZ}{dz}$ présente sur le cercle un zéro simple; ce dernier doit être au point P_1 ci-dessus pour que l'écoulement transformé ait une vitesse finie à la pointe; l'angle $\beta = \pi - \theta_1$ peut être appelé l'*angle d'incidence* du profil; $\frac{dZ}{dz}$ peut se mettre d'une façon très générale sous la forme d'une fonction méromorphe

$$(2) \qquad \frac{dZ}{dz} = \frac{(z-p_1)(z-p_2)\ldots(z-p_n)}{(z-a_1)(z-a_2)\ldots(z-a_n)},$$

les zéros $p_2 \ldots p_n$ et les pôles $a_1 a_2 \ldots a_n$ étant intérieurs au cercle et étant simples ou multiples; si tous les pôles sont simples,

$$(3) \qquad Z = z + A_1 L(z-a_1) + \ldots + A_n L(z-a_n).$$

Z doit être uniforme en dehors du cercle; d'où la condition

$$\sum_1^n A_k = \sum_1^n a_k - \sum_1^n p_k = 0;$$

les zéros et les pôles doivent avoir le même centre de gravité; cette règle est générale quel que soit leur ordre de multiplicité. Pour les points du cercle, ou les points extérieurs, on peut développer Z en série :

$$(4) \qquad Z = z + \frac{C_1}{z} + \frac{C_2}{z^2} + \ldots \qquad \text{avec} \qquad C_1 = \Sigma a_h a_k - \Sigma p_i p_l.$$

Si les pôles sont tous d'ordre $\geqq 2$, et si l'intégration ne donne aucun terme logarithmique, on obtient une classe de profils dont la construction a été donnée par M. Girault ([1]).

La formule (2) permet le calcul graphique de l'échelle ε en chaque point, et de l'angle ϖ de deux éléments homologues, dit *angle de pivotement*. Si V_θ est la vitesse tangentielle sur le cercle au point d'argument θ, la vitesse correspondante sur le profil sera $\frac{V_\theta}{\varepsilon_\theta}$. Pour les incidences limitées à 15° environ, une bonne concordance avec les expériences faites actuellement est obtenue en prenant uniformément

$$(5) \qquad \begin{cases} l_1 = -0{,}205\,R, \qquad l_2 = \dfrac{R^2}{l_1} = -4{,}875\,R, \\ \alpha = -2\sin\theta_1 \dfrac{R^2 + l_1^2 - 2 l_1 R\cos\theta_1}{R^2 - l_1^2}, \\ V_\theta = 2U_0\left[-\sin\theta + \sin\theta_1 \dfrac{R^2 + l^2 - 2 l_1 R\cos\theta_1}{R^2 + l_1^2 - 2 l_1 R\cos\theta}\right]. \end{cases}$$

([1]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1331.

Les forces de pression ont, comme coefficients de résistance pour le cercle, rapportés à la surface $1 \times 4R$:

(6) $$\varkappa_x = -\pi \frac{R}{t_1 - \frac{R^2}{t_1}}\alpha^2, \qquad \varkappa_y = \pi\left(1 - \frac{t_1^2}{R^2}\right)\alpha.$$

La polaire est une parabole passant par l'origine. Pour les profils de profondeur $a = \frac{4R}{\lambda}$, avec $\lambda \geq 1$, les coefficients sont donnés avec une haute approximation par la relation

(7) $$C_y + iC_x = \lambda(\varkappa_y + i\varkappa_x)\left(\frac{dz}{dZ}\right)_{z=t_2} = \frac{\lambda}{\varepsilon_{t_2}}(\varkappa_y + i\varkappa_x)(\cos\varpi_{t_2} - i\sin\varpi_{t_2}).$$

ε_{t_2} et λ étant très voisins de 1, et ϖ_{t_2} étant inférieur à 1° ou 2°, il y a peu de différence entre $\varkappa_x$, $\varkappa_y$ d'une part, et C_x, C_y d'autre part. La polaire des profils reste parabolique, elle sera améliorée en augmentant λ, $\frac{1}{\varepsilon_{t_2}}$, et surtout ϖ_{t_2}, ce dernier devant être négatif pour les incidences positives.

Par rapport au centre du cercle, le bras de levier C_m de la résultante des pressions, la profondeur a étant prise comme unité, est la partie réelle de

(8) $$\frac{(C_y + iC_x)\left(Z - z\frac{dZ}{dz}\right)_{z=t_2}}{a} - 4i\pi\frac{C_1}{a^2}.$$

C'est le deuxième terme, déjà trouvé dans la théorie de Joukowski, qui est prépondérant dans le déplacement de la résultante, et qui varie beaucoup avec la nature des profils ; en général, pour l'incidence nulle, $C_m^0 \neq 0$, et la résultante des pressions est à l'infini ; il y a intérêt à ce que la partie réelle de $-4i\pi\frac{C_1}{a^2}$ soit négative et faible pour l'incidence nulle. L'expérience confirme la grandeur et la position de la résultante des pressions pour les ailes de grand allongement, à condition de tenir compte des forces tangentielles de frottement.

Un système différent de tourbillons conjugués a été considéré à titre accessoire par M. Witoszynski pour simplifier dans certains cas sa théorie du décollement simple [1].

---

[1] *Mécanique des profils d'aviation*, Paris, 1924, p. 56.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la masse fluide hétérogène en rotation et les mouvements internes des planètes.* Note de M. **R. Wavre**, présentée par M. Hadamard.

On sait que le Soleil, Jupiter et Saturne ne tournent pas d'un bloc autour de leur axe de rotation. L'équateur et les calottes polaires font un tour en des temps différents. La vitesse angulaire est fonction de la latitude sur la surface libre.

Montrons que, sous des hypothèses qui sont celles où l'on s'est placé jusqu'ici, *toutes les molécules situées sur un même cylindre de révolution autour de l'axe tournent avec la même vitesse angulaire.*

Cette propriété si simple des mouvements internes semble avoir échappé aux auteurs qui se sont posé le problème de la masse fluide hétérogène en rotation.

Envisageons un fluide parfait composé de couches de densité ρ, qui soient des surfaces de révolution autour de l'axe des z. Chaque molécule est supposée décrire un parallèle avec une vitesse angulaire $\omega(x^2+y^2, z)$.

Soient p la pression et U le potentiel newtonien. Dans notre cas, les quantités ρ, ω, p et U ne dépendent que de z et de $x^2+y^2=l^2$.

Les équations de l'Hydrodynamique qui régissent ce mouvement s'écrivent :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} &= \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{d^2 x}{dt^2} & \qquad & \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial U}{\partial x} + \omega^2 x, \\ \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} &= \frac{\partial U}{\partial y} - \frac{d^2 y}{dt^2} & \text{ou} \qquad & \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial U}{\partial y} + \omega^2 y, \\ \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} &= \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{d^2 z}{dt^2} & \qquad & \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial U}{\partial z}. \end{aligned}$$

Elles impliquent la relation

$$\begin{aligned} dp &= \frac{\partial p}{\partial x}dx + \frac{\partial p}{\partial y}dy + \frac{\partial p}{\partial z}dz = \rho H, \\ H &= \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \omega^2 x\right)dx + \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \omega^2 y\right)dy + \frac{\partial U}{\partial z}dz. \end{aligned}$$

La densité ρ joue le rôle d'un facteur intégrant et il est aisé de vérifier que l'expression H en admet un dans notre cas.

Imposons-nous, avec les auteurs qui se sont occupé de cette question, la condition nécessaire suivante :

La pesanteur, de composantes

$$\frac{\partial U}{\partial x}+\omega^2 x, \qquad \frac{\partial U}{\partial y}+\omega^2 y, \qquad \frac{\partial U}{\partial z},$$

est normale en chaque point à la surface d'égale densité passant par ce point.

Alors, le produit intérieur H sera nul en tout point x, y, z, si le déplacement dx, dy, dz est pris sur une surface d'égale densité.

La quantité H sera nulle pour ρ constant; il en est de même de la différentielle dp en vertu de la relation $dp=\rho H$. La pression sera donc constante à densité constante. Le facteur intégrant ρ se réduit à la forme $\rho=f(p)$.

I. *Dans le mouvement permanent de rotation d'une masse fluide hétérogène, sous l'influence de l'attraction de ses particules, les surfaces d'égale densité et d'égale pression coïncident.*

L'expression H est la différentielle totale de la fonction

$$P=\int_{p_0}^{p}\frac{dp}{f(p)}.$$

Les équations du mouvement s'écrivent, en posant $P-U=Q$:

$$\begin{aligned}\frac{\partial P}{\partial x}&=\frac{\partial U}{\partial x}+\omega^2 x & & \frac{\partial Q}{\partial x}=\omega^2 x,\\ \frac{\partial P}{\partial y}&=\frac{\partial U}{\partial y}+\omega^2 y & \text{ou} \quad & \frac{\partial Q}{\partial y}=\omega^2 y,\\ \frac{\partial P}{\partial z}&=\frac{\partial U}{\partial z} & & \frac{\partial Q}{\partial z}=0.\end{aligned}$$

La fonction Q est un potentiel des accélérations. Elle ne dépend pas de z, et par conséquent la vitesse angulaire n'en dépend pas non plus.

On a donc

$$\frac{\partial \omega}{\partial z}=0, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \omega=F(x^2+y^2).$$

II. *Dans le mouvement permanent de rotation d'une masse fluide hétérogène, sous l'influence de l'attraction de ses particules, la vitesse de chaque molécule ne dépend que de sa distance à l'axe.*

L'expression Q a la forme suivante :

$$Q=\int_0^l \omega^2(l^2)\frac{1}{2}\,l\,dl.$$

Ces résultats I et II furent communiqués à M. Véronnet au mois d'octobre dernier. On voit combien ils augmentent l'intérêt de certaines des considérations contenues dans la récente Note de ce savant [1].

Ma démonstration du résultat I donne à la Note de M. Véronnet tout son intérêt, elle en fournit la clef. En effet, l'hypothèse de M. Véronnet que la densité est fonction de la seule pression devient une proposition nécessaire.

Il ne m'appartient pas de passer au concret et d'expliquer, en s'appuyant sur ma proposition II, les bandes parallèles du Soleil, de Jupiter et de Saturne.

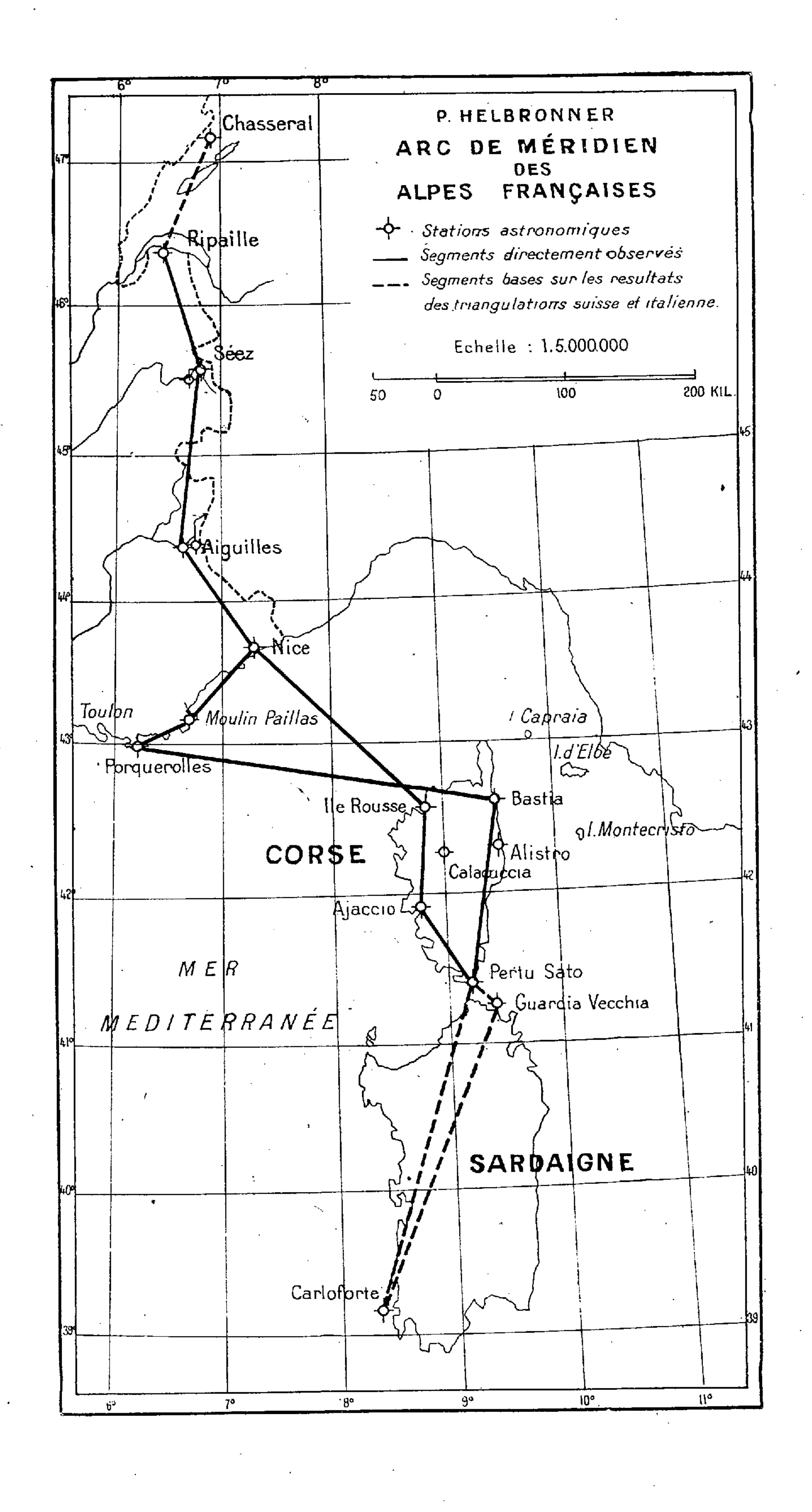
GÉODÉSIE. — *Sur la mesure d'un Arc de Méridien de 8 degrés d'amplitude compris entre le nord du Jura et le sud de la Sardaigne.* Note de M. **P. Helbronner**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans ma Note du 20 décembre 1926, j'avais donné les résultats de la jonction de mon réseau primordial de Corse avec la triangulation italienne dans les îles de Capraïa, d'Elbe et de Monte-Cristo. L'intérêt intrinsèque de ces valeurs, confirmant la proportionnalité des coïncidences des liaisons obtenues en Savoie et dans les Alpes Maritimes, a été dépassé par l'application que j'en ai tirée immédiatement pour adjoindre sur toute la longueur de la Sardaigne les éléments de la mesure d'un arc que mes opérations personnelles ne permettaient que jusqu'au sud de la Corse.

En effet, les deux solutions qu'avait impliquées mon programme d'observations de 1925 aux stations méridionales de la Corse pour sa soudure à la Sardaigne venaient d'être avérées inopérantes par un complément de documentation reçu de l'Institut géographique militaire italien ; en conséquence, devant l'intérêt apporté par un supplément d'enchaînement de 250^{km} à la mesure d'un arc de méridien, je projetais une troisième campagne en Corse pour m'y procurer de nouveaux rattachements. Le détail en était déjà arrêté, lorsque j'eus l'idée de faire intervenir comme liaison le côté Montecristo-Rotondo que je venais de calculer et d'en déduire par l'intermédiaire des opérations italiennes de 1902 pour la jonction de l'archipel toscan à la Sardaigne le rattachement de celle-ci aux stations méridionales de ma chaîne de Corse. D'ailleurs, à deux de ces stations, j'avais, par un surcroît de précautions, compris l'observation du sémaphore de Guardia Vecchia,

---

[1] *Comptes rendus*, 183, 22 novembre 1926, p. 949.



P. HELBRONNER
ARC DE MÉRIDIEN DES ALPES FRANÇAISES
Stations astronomiques
Segments directement observés
Segments basés sur les résultats des triangulations suisse et italienne.
Echelle : 1.5.000.000
50
0
100
200 KIL.
Chasseral
Ripaille
Séez
Aiguilles
Nice
Toulon
Moulin Paillas
Porquerolles
I. Capraia
I. d'Elbe
Bastia
Ile Rousse
I. Montecristo
CORSE
Alistro
Calacuccia
Ajaccio
MER MEDITERRANÉE
Pertu Sato
Guardia Vecchia
SARDAIGNE
Carloforte

point du premier ordre de Sardaigne. Il me fut donc possible d'obtenir, par mes visées, une vérification directe de la justesse du mode d'incorporation de ce point dans mon réseau en partant des données italiennes et de rattacher à la suite de cette jonction la série des triangles publiés par l'Institut géographique italien, comprenant les positions astronomiques de Guardia Vecchia au nord et de Carloforte au sud de la Sardaigne.

D'autre part, m'étant raccordé par le côté Dôle-Colloney à la triangulation suisse, j'ai prolongé, au Nord, l'enchaînement jusqu'au Chasseral, doté de déterminations astronomiques.

Je dispose ainsi de dix-sept positions astronomiques sur un espace compris entre deux Parallèles écartés de 888^{km}.

Pour le calcul de cet arc, j'ai déjà fixé l'azimut initial de départ en résultat de l'introduction, dans ma chaîne méridienne, des centres des deux cercles méridiens de l'Observatoire de Nice et de la comparaison avec quatre azimuts astronomiques établis par le Service topographique fédéral suisse.

Les calculs des différents segments de l'arc sont en cours, ainsi que leur application sur les quatre ellipsoïdes théoriques dits des Ingénieurs-géographes, de Bessel, de Clarke et de Hayford.

Enfin sont également calculées, dans l'hypothèse de la concordance à Paris des verticales géodésique et astronomique, les valeurs de la déviation de la verticale aux stations astronomiques continentales. Les résultats confirment nettement l'influence en direction et en intensité des masses montagneuses suivant leur proximité et leur importance. En particulier, sur le littoral méditerranéen, au Mont Gros, à Moulin Paillas et à Porquerolles, se fait sentir la puissante attraction générale des massifs alpins.

Par l'ensemble de ces différents résultats, j'ose souhaiter que ma mesure d'un Arc de Méridien puisse servir à une étude locale du géoïde et puisse aussi s'encadrer dans l'ensemble des recherches sur la forme de la Terre obtenue jusqu'ici depuis un siècle par une quinzaine d'opérations similaires bénéficiant des puissants moyens des Services d'États.

SPECTROSCOPIE. — *Élargissement des raies de Balmer par le champ électrique intermoléculaire.* Note de Mlle **M. Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

L'élargissement des raies de la série de Balmer, produites par une étincelle condensée jaillissant dans l'hydrogène à la pression atmosphérique,

est vraisemblablement dû pour la plus grande part à l'effet Stark du champ intermoculaire. La discussion montre que ce champ est produit presque uniquement par les ions présents dans le gaz et un calcul dû à Holtomark ([1]) indique que la largeur de chaque raie doit être proportionnelle à $n^{\frac{2}{3}}$, n étant la densité des ions. Je me suis proposé de chercher expérimentalement si les variations de la largeur des raies avec l'intensité du courant suivent bien cette loi.

On peut admettre que la mobilité des ions reste constante, même si la température des différentes étincelles n'est pas la même, puisque l'échauffement est certainement assez brusque pour se produire sous volume constant; n est donc proportionnel à la densité de courant $i = \frac{4I_0}{\pi d^2}$, I_0 étant l'intensité maxima totale du courant qui traverse l'étincelle, et d le diamètre de celle-ci. Pour évaluer d, j'ai photographié des étincelles sur une plaque animée d'un mouvement de chute et mesuré les dimensions des images obtenues. Dans le cas des étincelles, jaillissant dans l'hydrogène, je n'ai obtenu que des résultats très irréguliers et peu vraisemblables; j'attribue cet insuccès à ce que, l'ion hydrogène n'émettant aucune radiation, il est impossible de distinguer dans ces étincelles la région où se produit réellement l'ionisation, et par suite, le passage du courant. Au contraire, dans l'air les étincelles comprennent une région centrale brillante à bords nets, émettant entre autres les raies d'étincelle de l'azote entourée d'une flamme pâle, émettant seulement quelques raies d'arc. C'est la région centrale qui transporte certainement la majeure partie du courant, c'est cette région qu'il serait intéressant d'étudier, et que l'on ne peut distinguer dans l'hydrogène. J'ai donc été amenée à photographier des étincelles jaillissant dans l'air; les diamètres de la région centrale sont peut-être différents d'un gaz à l'autre en valeurs absolues, mais on peut admettre que leurs variations en fonction de I_0 suivent des lois assez semblables pour que les mesures effectuées dans l'air permettent une vérification de la théorie en ce qui concerne les valeurs relatives.

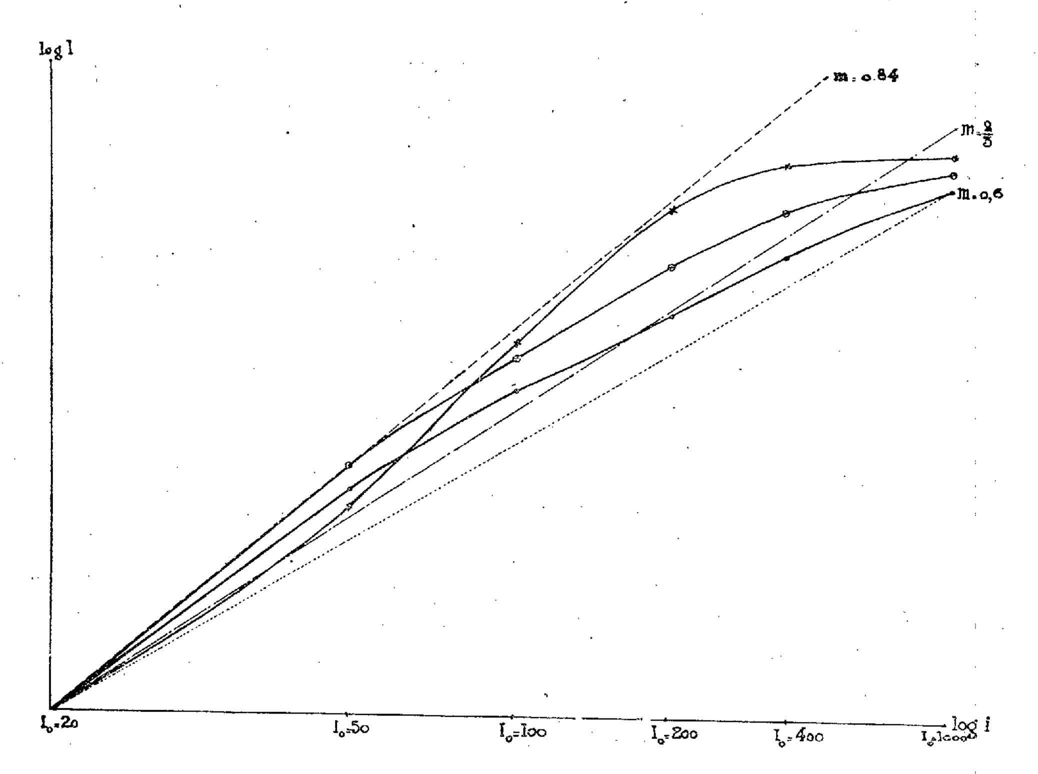
Les diamètres mesurés dans un certain nombre de cas (à 4 pour 100 près environ) m'ont permis de construire une courbe représentant i en fonction de I_0. En lisant sur cette courbe la densité de courant pour certaines valeurs de I_0 et sur des courbes tracées antérieurement ([2]) les largeurs des trois premières raies de la série étudiée pour ces mêmes valeurs de l'intensité,

([1]) *Annalen der Physik*, 58, 1919, p. 577-630.
([2]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 54.

j'obtiens le tableau suivant :

I_0.	i.	H_α.	H_β.	H_γ.
amp	amp/mm²	Å	Å	Å
20	350	3,4	13	22
50	750	5,8	25	39,5
100	1150	9	33	51
200	1700	12,8	42	61,5
400	2300	14,5	49	73
1000	3500	15	54	87

Construisons les courbes obtenues en portant en abscisses $\log i$, en ordonnées les logarithmes des largeurs des différentes raies et prenons pour chaque courbe une origine telle que toutes trois aient un point commun.



Si nous admettons que l peut être représenté en première approximation par une fonction de la forme Ai^m, l'exposant m est égal au coefficient angulaire de la droite qui passe par le point commun et se rapproche le plus possible des courbes tracées. La figure montre que m est certainement compris entre 0,60 et 0,84 (coefficients angulaires des droites pointillées) et

que la valeur $\frac{2}{3}$ prévue par la théorie (coefficient angulaire de la droite tracée en points et traits) concorde avec les mesures effectuées aussi exactement que permettent de l'espérer les approximations successives introduites inévitablement dans l'étude de ce phénomène très complexe.

L'élargissement des raies étudiées doit donc bien être attribué en première ligne au champ intermoléculaire créé par les ions et dont la valeur moyenne varie comme la puissance $\frac{2}{3}$ de la densité de courant.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les actions chimiques des radiations.* Note de M. **A. Gargam de Moncetz.**

Deux Notes récentes viennent de rappeler l'attention sur ce sujet : la première, de M. H. Belliot [1], la seconde de M. P. Villard [2].

Il peut donc y avoir un certain intérêt à revenir sur des résultats que j'avais jadis obtenus moi-même concernant cette question, et qui ont fait l'objet de deux Communications à l'Académie [3]. Je les résume à cette intention, aussi brièvement que possible.

1° Si l'on reçoit un spectre sur une plaque voilée préalablement par une exposition aux rayons X, on observe :

a. Une destruction du voile initial, par les radiations du spectre comprises entre λ 800 et λ 920.

b. Une augmentation de ce voile, par les radiations du spectre comprises entre λ 920 et λ 1350 environ.

2° Si le voile initial est dû à la lumière ordinaire et non plus aux rayons X, l'action subséquente du spectre est toujours une destruction dans la région infrarouge. On n'observe jamais l'augmentation d'opacité du voile, ainsi que cela se produit entre λ 920 et λ 1350 lorsque le voile initial est dû aux rayons X.

3° Si l'on reçoit un spectre sur une plaque Σ solarisée par 6 minutes d'exposition à $0^m,50$ d'un bec Auer, on observe ce qui suit :

a. Dans l'infrarouge, il y a toujours noircissement du fond gris clair qui apparaît au développement de la plaque; ce noircissement est complè-

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1609.
(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 131.
(3) *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 1022; **148**, 1909, p. 406.

tement effacé par une exposition de très courte durée aux rayons actiniques ordinaires.

b. Dans la région bleue et violette du spectre, il y a toujours destruction du fond gris ci-dessus, quelle que soit la durée d'action du spectre (de 5 minutes à 4 heures dans mes expériences).

c. Dans l'ultraviolet, les raies de l'arc au mercure comprises entre λ 394 et λ 250 apparaissaient en blanc sur la plaque développée lorsque l'insolation préalable avait été courte. Elles apparaissaient au contraire en noir, pour un égal temps de pose du spectre, lorsque l'insolation solarisante préalable avait été longue.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Détermination du point isoélectrique de la laine et de la fibroïne de soie. Applications.* Note [1] de MM. **L. Meunier** et **G. Rey**, transmise par M. V. Grignard.

Nous avons cherché à établir si l'étude des variations de gonflement de la laine et de la fibroïne avec la concentration en ions H était susceptible de situer, avec exactitude, la position du point isoélectrique de ces deux fibres.

La méthode que nous avons utilisée consiste à placer, à la température du laboratoire, des échantillons de 2^g de laine ou de soie décreusée, dans 100^{cm^3} de solutions-tampon, de pH variant de 1 à 10, jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse, ce qui nécessite environ 40 heures. On détermine alors la valeur du pH de la solution à l'équilibre.

Les échantillons sont alors débarrassés complètement de l'eau d'interposition par une centrifugation de 5 minutes pour la laine, 15 minutes pour la fibroïne, dans des tubes fermés, à 2500 tours, avec un rayon de giration des échantillons correspondant à $14\text{-}15^{cm}$. Nous utilisons, dans ce but, un dispositif déjà employé par L. Meunier et Chambard, pour la détermination du point isoélectrique du collagène déminéralisé [2]. On obtient ainsi très facilement le poids de la fibre gonflée; en retranchant son poids sec à l'absolu, on en déduit le poids de l'eau mesurant son gonflement.

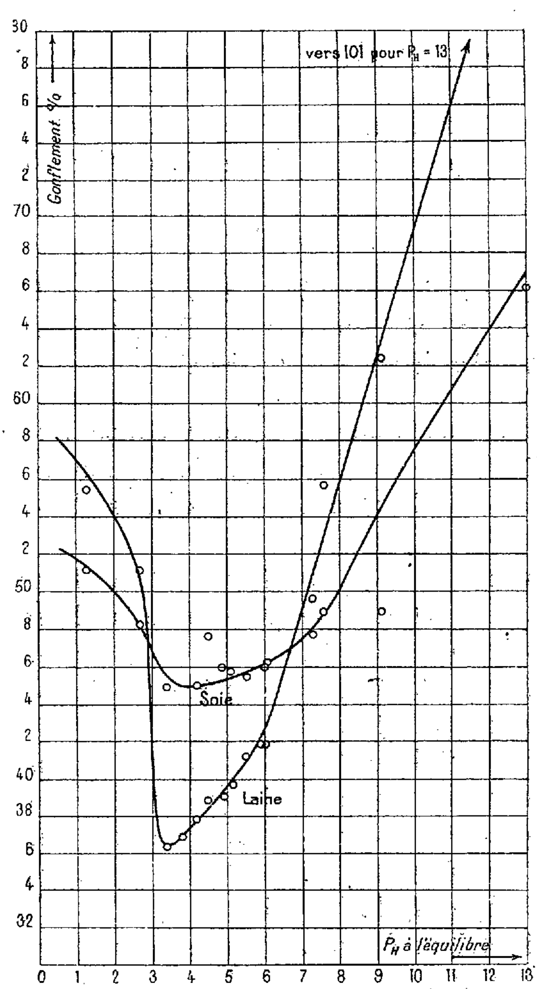
Les résultats obtenus sont résumés dans les courbes ci-après, établies en portant en abscisses les valeurs de pH à l'équilibre, et en ordonnées les gonflements correspondants.

---

(1) Séance du 10 janvier 1927.

(2) *Journ. Soc. Leat. Trad. Chem.*, **9**, 1925, p. 200.

Dans le cas de la laine, on a utilisé, d'une part, un filé de laine et, d'autre part, un tissu de laine, tous deux blanchis au soufre et lavés à fond à l'eau distillée, de telle sorte que leur chiffre de cendres était inférieur à 0,1 pour 100.



Pour la soie, nous avons utilisé une trame cuite également bien lavée à fond à l'eau distillée.

Les chiffres obtenus pour le tissu concordent parfaitement avec ceux obtenus pour le filé, ce qui affirme la correction de la méthode.

L'examen des courbes montre que :

1° Dans le cas de la laine, il existe un minimum de gonflement nettement accusé pour une valeur de pH égale à 3,6-3,8.

2° Dans le cas de la fibroïne de soie, les variations du gonflement sont beaucoup moins accusées que dans le cas de la laine; la courbe est fortement aplatie; néanmoins, on peut situer le minimum de gonflement vers pH = 4,2.

3° Le gonflement des protéines étant la conséquence de la formation avec les acides, et les bases, de sels ionisables agissant sur leur pression osmotique interne, il faut donc conclure que si la laine possède un caractère amphotère nettement marqué, celui de la soie l'est beaucoup moins et sa capacité de fixation des acides et des bases est bien inférieure à celle de la laine.

4° La protéine-fibroïne étant moins sensible que la protéine de la laine aux variations de pH, il y a lieu de prévoir qu'elle renferme moins de groupements NH^2 et de groupements COOH susceptibles de se salifier. Pour vérifier ce point, nous avons modifié la méthode de Van Slyke (établie pour des protéines solubles) et l'avons appliquée au dosage de l'azote aminé dans la laine et la fibroïne. Nous avons obtenu, après une action de l'acide nitreux *limitée à 2 heures*, une moyenne de 0,20 pour 100 d'azote aminé dans le cas de la laine, et de 0,07 pour 100 dans le cas de la soie. La molécule de la fibroïne de la soie est donc une molécule plus fermée sur elle-même que la molécule de la kératine de la laine. Il suffit, d'ailleurs, d'observer la différence d'action de la quinone et des diastases hydrolysantes sur la laine et la soie, pour en trouver confirmation expérimentale.

5° L'examen de la courbe de gonflement de la laine permet de se rendre compte de la manière dont se manifestera le rétrécissement des filés et des tissus de laine lorsqu'ils seront travaillés dans des liqueurs de pH variables. Nous avons pu d'ailleurs nous assurer expérimentalement que, par foulage d'un tissu de laine, le minimum de rétrécissement et de feutrage avait lieu dans les liqueurs de pH correspondant à celui du point isoélectrique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la sensibilité de quelques réactifs de l'hydrogène sulfuré gazeux.* Note (¹) de M. M. **Wilmet**, présentée par M. Georges Urbain.

Différents auteurs ont utilisé les papiers imprégnés de sel de plomb pour le dosage de traces d'hydrogène sulfuré dans l'air (²). Nous avons repris

(¹) Séance du 24 janvier 1927.

(²) Lehmann, *Apothek. Ztg*, **12**, 1897, xi, p. 750. — Czako, *Beiträge für Kenntnis natürlicher Gasausströmung* (*Thèse*, Karlsruhe, 1913).

l'étude systématique de cette question, l'hydrogène sulfuré étant un gaz qui peut se trouver fréquemment dans des atmosphères d'usine ou dans l'air séjournant au-dessus de matières organiques en putréfaction, dans les égouts par exemple.

Pour réaliser des atmosphères à teneur connue, nous préparons sur la cuve à mercure des mélanges variant du $\frac{1}{500}$ au $\frac{1}{1000}$, que nous plaçons dans des tubes à essais. Ceux-ci, fermés d'un bouchon surmonté d'une couche de mercure, sont brisés dans des flacons de 10^l. Le mercure est évacué aussitôt, pour éviter son action en présence d'air humide sur l'hydrogène sulfuré. La présence du bouchon, au point de vue de la diminution du titre, est négligeable, ainsi que nous l'avons vérifié.

Expériences à l'état statique. — Des petits carrés de papier filtre de 3^{mm} environ de côté, imprégnés de différents réactifs, sont suspendus dans des atmosphères de composition connue, et nous notons les temps d'apparition des teintes. L'action de ces atmosphères sur des lames d'argent pur ou à divers titres, de cuivre et de laiton, a été aussi examinée. L'ensemble des résultats est rassemblé dans le tableau suivant :

Papiers réactifs.	Concentrations.					
	$\frac{1}{100000}$.	$\frac{1}{200000}$.	$\frac{1}{300000}$.	$\frac{1}{500000}$.	$\frac{1}{600000}$.	$\frac{1}{700000}$.
Acétate de Pb............	qq. sec.	1′	2′	5′	5′	20′
Sulfate de cuivre..........	1′	2′	6′	10′	16′	–
Acétate de cadmium.......	2′	3′	6′	10′	16′	–
Mélange glycéroferrique de Denigès................	5′	–	–	–	–	–
Lame de cuivre ou laiton polie...................	3 à 4′	3 à 4′	8 à 10′	–	–	–
Lame de cuivre polie à l'émeri 0000..............	15 à 20′	30′	–	–	–	–
Lame de cuivre polie au miror..................	20 à 25′	45′	–	–	–	–
Lame d'argent pur.........	néant	–	–	–	–	–
Alliage d'argent titre 500...	20′	–	–	–	–	–

Expériences à l'état dynamique. — Une même concentration en hydrogène sulfuré est réalisée dans trois flacons de Durand de 10^l, reliés entre eux. Une extrémité de l'appareil est réunie, par un tube laboratoire de $1^{mm},2$ de diamètre intérieur, à un flacon réservoir formant aspirateur. Le débit gazeux horaire est de 1^l. Les papiers étaient utilisés sous forme de bandes de 20^{mm} de long sur 1^{mm} de large, légèrement humectées.

Une première expérience au $\frac{1}{100000}$ ayant confirmé le classement obtenu à l'état statique, nos essais ont surtout porté sur le papier à l'acétate de plomb.

Les quantités en millimètres cubes d'hydrogène sulfuré qui ont donné les teintes appréciables et comparables aux diverses concentrations sont données ci-après :

Papiers réactifs.	Concentrations (1).							
	$\frac{1}{100000}$.	$\frac{1}{200000}$.	$\frac{1}{500000}$.	$\frac{1}{600000}$.	$\frac{1}{800000}$.	$\frac{1}{900000}$.	$\frac{1}{1000000}$.	$\frac{1}{1200000}$.
Acétate de Pb..	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1 à 0,15	0,1 à 0,18	0,1 à 0,2	0,1 à 0,22
Azotate de Pb..	0,1	0,1	0,1 à 0,2	–	0,1 à 0,3	–	–	–
Acétate de Cd..	0,5	–	0,5	–	–	–	–	–

La limite de sensibilité des solutions d'acétate de plomb, d'acétate de cadmium, de sulfate de cuivre à 10 pour 100, de nitrate d'argent $\frac{N}{10}$, est plus élevée et exige la présence de 3$^{mm^3}$ d'hydrogène sulfuré, en mettant 1$^{cm^3}$ de ces solutions dans de petits barboteurs (genre laveur de Cloëz, de 3$^{cm^3}$ de capacité).

Les réactions colorées du nitroprussiate de soude, du violet de Lauth et du bleu de méthylène donnent des résultats infidèles ou incertains.

Nous avons constaté la disparition totale de l'hydrogène sulfuré des flacons, après 48 heures au maximum. Ceci est dû à l'oxydation en présence de l'humidité de l'air, phénomène étudié par Polacci (2).

L'odorat est sensible, suivant les individus, à des concentrations variant du 400000e au 700000e.

Conclusions. — Un essai statique avec du papier à l'acétate de plomb de dimensions données permet de se faire une idée rapide de la teneur en hydrogène sulfuré d'une atmosphère suffisamment diluée.

Dans les conditions indiquées, la méthode dynamique fixera la quantité d'air contenant 0$^{mm^3}$,1 du gaz sulfuré au moyen du papier à l'acétate de plomb.

Enfin, des objets en cuivre ou en laiton sont rapidement noircis pour des teneurs qui ne présentent cependant plus aucun danger pour l'homme.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau dérivé organo-métallique de l'or.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Félix Perrin**, présentée par M. A. Desgrez.

Les premiers résultats obtenus par les médecins français dans le traitement de la bacillose par le thiosulfate double d'or et de sodium n'ont pas

(1) Pour les très faibles concentrations, il est vraisemblable que les différences obtenues au cours des essais sont dues à une destruction partielle plus ou moins rapide de l'hydrogène sulfuré.

(2) *Central Blatt*, **2**, 1908, p. 665; *Monit. Scient.*, 4e série, **22**, 1, 1908, p. 373-375; Univ. Pavia.

été aussi favorables que ceux qu'avaient annoncés leurs collègues danois, mais il semble que les doses relativement élevées employées primitivement aient masqué les bons effets que la substance est susceptible de donner, lorsqu'elle est utilisée avec plus de modération.

Actuellement, les phtisiologues tendent à admettre que le thiosulfate d'or n'est point dépourvu d'activité, cependant son emploi présente quelques inconvénients; sa solution ne se conserve pas, s'absorbe mal par les voies sous-cutanée ou intramusculaire, ce qui oblige à l'injecter dans les veines, et ces injections peuvent provoquer des réactions fâcheuses et même parfois des accidents graves et mortels quand on atteint les doses proposées par M. Mollgaard, le promoteur de la méthode.

D'autres sels d'or, tels que le krysolgan et le triphal, essayés dans le même but, produisent aussi des effets secondaires qui les ont fait abandonner ou qui en ont limité l'application.

Nos recherches antérieures sur les organo-métalliques [1] nous ont permis de préparer une série de dérivés du thiopropanol sulfonate de sodium dont la combinaison argentique est aujourd'hui en usage sous le nom de cryptargol et dont le dérivé aureux ne paraît avoir les inconvénients des médicaments cités plus haut.

La constitution de ce nouveau composé répond à la formule

$$\begin{array}{l} CH^2-SAu \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH^2-SO^3Na. \end{array}$$

Dans ce corps le métal est lié directement au soufre dont la deuxième valence est occupée par un radical organique, tandis que, dans le thiosulfate, le soufre fait partie d'une molécule minérale.

Pour préparer la substance qui nous occupe, on traite le thiopropanol sulfonate de sodium en excès par une solution de chlorure d'or concentrée; il se produit une coloration brune qui disparaît par agitation et il se forme aussitôt un précipité blanc gélatineux qui est recueilli, essoré et purifié par redissolutions et précipitations successives par refroidissement.

Le dosage de l'or a donné le résultat suivant correspondant sensiblement à la formule indiquée : trouvé 47 pour 100; calculé 50,3 pour 100.

L'auro-thiopropanol sulfonate de sodium est un corps blanc amorphe,

---

(1) Auguste Lumière, *Sur l'emploi des thiodérivés métalliques en thérapeutique* (*Bulletin de la Société de Thérapeutique*, 25, 1920, p. 203, et 26, 1921, p. 223).

très soluble dans l'eau, insoluble dans les dissolvants organiques; chauffé à température élevée, il se décompose sans fondre; le sulfate ferreux ou l'aldéhyde formique en présence de soude ne séparent point l'or de sa combinaison organique; pour que cette séparation s'effectue, il faut détruire la substance par chauffage de sa solution en présence d'un peu d'acide nitrique. A froid, il donne une coloration jaune avec l'hydrogène sulfuré et, à l'ébullition, le métal se précipite à l'état de sulfure.

Les solutions à 2 pour 100 de cet organo-métallique sont stables; injectées sous la peau ou dans les muscles, elles s'absorbent facilement; leur toxicité est faible, car il faut dépasser la dose de $0^g,10$ par kilogramme d'animal, chez le cobaye, pour observer un effet toxique.

Appliqué au traitement des différentes formes de bacillose, dans les conditions où le thiosulfate a été préconisé, il ne présente pas les inconvénients de ce dernier et il semble que son étude, de ce point de vue, mérite d'être poursuivie.

CHIMIE SUCRIÈRE. — *La coloration des produits de sucrerie.* Note de M. **Émile Saillard**, présentée par M. Lindet.

Tous les ans, depuis la campagne 1921-1922, nous demandons à quinze ou vingt fabriques de sucre de nous envoyer des échantillons de leurs produits de fabrication : sirops, masses cuites à la coulée, égouts de turbinage, sucres roux de bas produits et mélasses. Ces échantillons sont prélevés le même jour, vers le 12 novembre, et représentent, autant que possible, les produits de la journée. Nous en faisons l'analyse (matière sèche, polarisation, cendres sulfatées $\times$ 0,9, coloration).

Tout ce qui, dans la matière sèche, ne correspond pas à la déviation polarimétrique est considéré comme *non-sucre*, et tout ce qui, dans le *non-sucre*, ne correspond pas aux cendres sulfatées $\times$ 0,9, est considéré comme *non-sucre organique*.

Pour les produits que nous avons analysés, le rapport moyen des matières organiques aux cendres ainsi définies a varié de 1,8 à 2,2 suivant les années et suivant les produits.

Nous avons suivi les colorations avec le colorimètre Duboscq en partant de solutions de même teneur en non-sucre par litre (50^g de non-sucre) et en mesurant les colorations au moyen d'une solution d'iode amenée à la même coloration que la solution du produit (sirops, sucres ou mélasses).

Dire, par exemple, qu'un produit a une coloration de 0,4, cela signifie que la solution de ce produit à 50^g de non-sucre par litre a la même coloration que la solution d'iode contenant 0^g,4 d'iode par litre.

On peut aussi représenter par 100 la coloration du sirop (50^g de non-sucre par litre), et par des nombres proportionnels la coloration des autres produits d'usine. C'est ce que nous avons fait.

Voici les résultats obtenus; ils représentent la moyenne des produits de 15 à 20 usines; aucun d'eux ne contenait de sucres réducteurs :

	Sirops (par litre).	Sucres roux de bas produits (par litre).	Mélasses (par litre).
Campagne 1921-1922 :	g	g	g
Solution d'iode à	0,23	2,808	2,047
Campagne 1922-1923 :			
Solution d'iode à	0,18	»	1,746
Campagne 1923-1924 :			
Solution d'iode à	0,132	2,27	1,602
Campagne 1924-1925 :			
Solution d'iode à	0,22	2,78	2,14
Campagne 1925-1926 :			
Solution d'iode à	0,159	2,16	1,62
Moyenne	0,184	2,504	1,83
ou	100	1360	994

Comme la coloration est due au non-sucre organique, on peut aussi partir d'une solution à 50^g de non-sucre organique par litre et établir les colorations comparées de la même façon.

On trouve alors les résultats moyens suivants pour les cinq années :

Solution d'iode à	0^g,277 par litre	3^g,815 par litre	2^g,778 par litre
ou	100	1377	1003

Conclusions. — 1° D'une année à l'autre, la coloration du non-sucre organique des sirops a presque varié du simple au double;

2° La coloration, rapportée au non-sucre organique, a été dix fois plus grande dans les mélasses que dans les sirops, mais elle a été moins grande (environ les 0,7) dans les mélasses que dans les sucres roux, et cela pour les mêmes masses cuites de bas produits soumises au turbinage.

Il faut en conclure que le non-sucre organique retenu autour des cristaux de sucre (sucres de bas produits) contient une plus grande proportion de matières colorantes que celui des mélasses.

En soumettant des sucres roux à la force centrifuge dans une turbine tournant à 42000 tours par minute, M. Bergé a constaté que l'eau et les matières minérales sont expulsées à peu près parallèlement et plus rapidement que les matières organiques.

Ce sont là deux ordres de faits qui se complètent.

BOTANIQUE. — *Sur l'action de l'acide osmique et les caractères physico-chimiques de la sexualisation du cytoplasme.* Note (1) de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. Louis Mangin.

Si on laisse séjourner quelques heures dans une solution d'acide osmique à 2 pour 100 ou à 1 pour 100 des spores de Prêles fixées au formol salé des espèces *Equisetum arvense* ou *Equisetum limosum*, on obtient les résultats suivants. Dans chaque espèce de Prêle, les spores se divisent en deux catégories. La première catégorie est formée par des spores très faiblement teintées en gris par l'acide osmique, elles présentent parfois de petits arcs très fins noircis par ce réactif; ces arcs, ayant une disposition analogue à celle que donne la coloration vitale au rouge neutre sur les spores de *E. arvense*, représentent, très probablement, les éléments de Golgi. La deuxième catégorie est formée par des spores nettement noircies. Par analogie avec ce qui a été vu sur les Phanérogames (2), je considère que les spores nettement noircies par l'acide osmique, se comportant comme les cellules du nucelle, sont des spores ♀ ; les autres, qui réagissent comme des grains de pollen, sont des spores ♂.

Si l'on regarde ces réactions comme de simples manifestations du pouvoir réducteur cytoplasmique, on peut y trouver une preuve nouvelle de la différence de rH intracellulaire en rapport avec le sexe (3).

En réalité, l'acide osmique étant un réactif des lipoïdes et des graisses, il convient de donner, de ces résultats, une autre interprétation pour les trois raisons suivantes : 1° Si l'on traite les spores de *E. arvense* par la méthode de Ciaccio pour la recherche des graisses, on distingue comme par l'action directe de l'acide osmique les spores ♂ des spores ♀ ; or, il est peu probable que les diverses manipulations de la méthode de Ciaccio conservent les qua-

---

(1) Séance du 24 janvier 1927.

(2) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 96, 1927, p. 25.

(3) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1555.

lités du rH intracellulaire. 2° L'action du soudan III, du scharlach R, montrent que lorsqu'il y a une inégalité de répartition des lipoïdes et graisses dans l'ovule des phanérogames étudiés ([1]), cette même différence de répartition est révélée par l'acide osmique. 3° Si l'on traite les spores de *E. arvense* par un solvant des graisses, l'acétone, les différences obtenues ensuite par l'action de l'acide osmique sur les spores ♂ et ♀ sont considérablement atténuées. Le même traitement, appliqué au pollen et à l'ovule de *Antirhinum majus*, donne des résultats semblables.

Les différences d'action de l'acide osmique sur les organes reproducteurs des végétaux expriment donc une différence dans la teneur et la composition des réserves lipoïdes et graisses.

Les autres réactifs de ces substances, soudan III, scharlach R, montrent qu'il y a des lipoïdes dans le pollen et les spores ♂ comme dans le nucelle et les spores ♀, mais les différences notées n'ont pu être rattachées à la sexualité.

Des résultats analogues ont été obtenus chez les Sporozoaires. Le soudan III et le scharlach R n'ont décelé aucune différence se rapportant à la sexualisation cytoplasmique, tandis que l'acide osmique a révélé des différences très nettes dans l'évolution des lipoïdes et graisses suivant le sexe : « Les lipoïdes du Sporozoaire ♀ évoluent partiellement jusqu'au stade graisse et noircissent l'acide osmique, ceux du ♂ ne dépassent pas la phase lipoïde » ([2]). D'autre part les lipoïdes du Sporozoaire ♂ se rapprochent de la lécithine ([2]); deux végétaux ont été étudiés à ce point de vue : *E. arvense* et *Antirhinum majus*: dans les deux cas, spore ♂ ou pollen, le noircissement secondaire par passage à l'alcool, qui est un des caractères de la lécithine, s'est montré très net.

Ainsi, dans les Prèles, les Phanérogames, les Sporozoaires, la même différence se manifeste dans la nature des réserves lipoïdes et graisses, suivant le sexe. Étant donnée l'isogamie morphologique des Prèles et des Sporozoaires étudiés, cette différence peut être considérée comme un caractère fondamental et primitif de sexualisation cytoplasmique que j'exprime par la proposition ci-dessous :

Les différences de nature et de proportions dans les réserves lipoïdes et graisses constituent un caractère de sexualisation du cytoplasme ; les cellules polarisées dans le sens ♀ acquièrent des réserves en graisses qui réduisent l'acide

([1]) *Loc. cit.*, p. 25.

([2]) Ph. Joyet-Lavergne, *Arch. anat. mic.*, 22, 1926, p. 1.

osmique; les réserves lipoïdes des cellules qui donneront les gamètes ♂ n'ont pas cette qualité.

Quels rapports pouvons-nous concevoir entre la première proposition relative au rH intracellulaire, et cette deuxième proposition? Comment la transformation des lipoïdes jusqu'au stade graisse est-elle liée au pouvoir réducteur plus considérable du cytoplasme ♀?

Les lois du métabolisme cellulaire nous permettent de concevoir le rapport suivant entre les deux propositions formulées : La genèse des graisses aux dépens des hydrates de carbone est un phénomène banal de la vie cellulaire. Ce phénomène ne peut s'accomplir que dans un milieu cytoplasmique suffisamment réducteur. Or. les cellules polarisées dans le sens ♀ sont précisément, par la valeur de leur rH intracellulaire, dans des conditions plus favorables que les cellules polarisées dans le sens ♂ pour réaliser cette genèse.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'existence et la localisation de courants d'air verticaux ascendants aux environs du sommet du Pic du Midi; leur utilisation par les vautours.* Note [1] de M. **Joseph Devaux**, présentée par M. Brillouin.

La répartition du vent dans les montagnes est des plus complexes. On sait cependant que, d'une manière habituelle, tout courant d'air arrivant devant une pente tend à remonter celle-ci. Et c'est ce courant d'air oblique ascendant que certains aviateurs ont utilisé dans leurs expériences de vol à voile. Les observations que je poursuis au Pic du Midi depuis 1920 m'ont montré que ces courants ne sont pourtant pas particulièrement recherchés par les vautours. Ces voiliers, au contraire, semblent utiliser méthodiquement *d'autres courants* ascendants, *sensiblement verticaux*, dont la situation ne faisait pas soupçonner l'existence et où les aviateurs ne voyaient qu'une région tourbillonnaire dangereuse.

Méthodes d'observation. — Pour me rendre compte de la répartition des vents ascendants aux environs du Pic du Midi, j'ai utilisé, en août 1920 et en septembre 1924, de simples parachutes en papier de soie rouge ayant une vitesse de chute d'environ 1 m:sec. En juillet-août 1926, devant les difficultés d'obtenir des résultats quantitatifs, je me suis servi de fragments de papier de soie lâchés dans le vent et dont la vitesse de chute est négli-

(1) Séance du 20 septembre 1926.

geable. Mais le plus souvent j'ai simplement observé les formations nuageuses qui ont lieu sur les pentes mêmes de la montagne. Ces formations ont en effet toujours un aspect effiloché et présentent des détails nets. Or il est naturel d'admettre que ces effilochures, de formes bien déterminées, ont à peu près la même vitesse en grandeur et en direction que l'air ambiant ([1]), car leur vitesse de translation est presque toujours grande par rapport à leur vitesse de déformation (j'entends la vitesse d'un point quelconque de l'effilochure par rapport à un autre point quelconque de la même effilochure).

Cette manière de voir a évidemment besoin d'une vérification expérimentale. Dans ce but j'ai placé à l'extrémité d'un mât, fixé au sommet du belvédère de l'Observatoire, une banderolle d'étoffe légère qui se place presque instantanément dans le vent. Or l'expérience a montré que les fragments de nuée qui passaient en ce point avaient toujours même direction et même sens que le vent. Et j'en ai conclu que l'hypothèse était exacte au moins quant à la direction et au sens du vent.

Résultats. — I. *Observation des vents*. — A. J'ai lâché des parachutes du sommet du belvédère par vent de S à SW. Les uns sont entraînés dans les tourbillons, à axe parallèle à la crête, et qui longent celle-ci; alors ils échouent sur les pentes du Pic. Les autres, grâce à une variation locale du vent qui les élève d'abord au-dessus de la zone tourbillonnaire, décrivent des trajectoires presque rectilignes. Dans ce dernier cas on perdait de vue le parachute à 5 ou 6^{km}, mais toujours *au-dessus de l'horizon*, ce qui montre que dans la région de la trajectoire, le vent avait une composante ascendante moyenne supérieure à 1 m:sec.

B. L'observation de formations nuageuses m'a montré que, pour un vent de direction déterminée au sommet du Pic, il semble exister certaines régions privilégiées où l'air est animé d'un mouvement ascendant, souvent rapide, et n'ayant qu'une composante horizontale très faible. Ces régions oscillent légèrement autour d'une position moyenne. L'une d'elles, située au-dessus du versant N de la crête E du Pic, est particulièrement nette par vent du SW; mais elle existe aussi pour d'autres directions de vent et même par temps à peu près calme.

II. *Observations sur le vol des vautours*. — A. Par vent de S à SW on voit planer des vautours en vol rectiligne ou brisé sans perdre de hauteur

---

([1]) Naturellement le déplacement de l'ensemble de la nuée est souvent différent de celui de l'air.

soit au-dessus du versant S du Pic (utilisation du courant d'air obliquement ascendant classique), soit au-dessus du sommet même du Pic, mais tout aussi souvent au-dessus du versant opposé au vent; dans ce dernier cas ils se tiennent à une hauteur supérieure à celle du sommet du Pic (utilisation du vent ascendant révélé par la deuxième sorte de trajectoire des parachutes.

B. Pour un vent de direction donnée, il semble exister certaines régions privilégiées où les vautours gagnent rapidement de la hauteur en décrivant des orbes régulières, c'est-à-dire des trajectoires hélicoïdales d'un mouvement uniforme, ce qui conduit à penser qu'en ces endroits le vent a une composante horizontale sensiblement nulle.

Or l'expérience montre que ces régions, particulièrement fréquentées par les vautours, coïncident précisément avec les zones de vent ascendant signalées plus haut. Le fait est particulièrement net pour la région située au N de la crête E du Pic, où les vautours s'élèvent parfois avec une vitesse qui surprend, surtout quand le vent est sensiblement nul au sommet du Pic. On peut dire que c'est là la voie aérienne du Pic. Les oiseaux semblent s'y rendre méthodiquement pour prendre de la hauteur.

J'ai eu d'ailleurs l'occasion de voir évoluer des vautours en cet endroit au moment de la formation des nuages et j'ai vérifié la coïncidence de la région du vol en orbe et de celle du courant ascendant purement vertical.

CRYPTOGAMIE. — *Sur un Ceramium à bromuques.* Note (¹) de M. G. **Ollivier**, présentée par M. L. Mangin.

Dans un Mémoire intitulé *Sur quelques algues Floridées renfermant du brome à l'état libre* (²), M. C. Sauvageau a montré que les *Blasenzellen* des *Antithamnion* et des *Antithamnionella* contiennent une substance soluble dans l'eau distillée, coagulable par les sels de l'eau de mer et qui fixe du brome : il a décelé cet élément par l'action d'une solution ammoniacale de fluorescéine, l'éosine formée étant reconnue au microspectroscope et a donné à ces organes accumulateurs de brome le nom de *bromuques*.

Ayant recherché par la même technique, sur des exemplaires d'herbier de *Ceramium tenuissimum* Ag., si les *Blasenzellen* vus par Petersen et Kylin n'étaient pas également des bromuques, le même auteur n'avait pas obtenu de résultat.

(¹) Séance du 24 janvier 1927.

(²) C. Sauvageau, *Bulletin de la station biologique d'Arcachon*, 23, 1926, 21 p.

Je récolte depuis octobre dernier, à Villefranche-sur-Mer et à Nice, un petit *Ceramium* épiphyte sur diverses algues (*Laurencia*, *Corallina*, grands *Ceramium*, etc.), remarquable par la constance et l'abondance de cellules hyalines à contenu réfringent.

Par ses dimensions, sa forme générale et celle de ses anneaux corticaux, cette plante paraît se rapprocher de *C. tenuissimum* Ag., mais ne l'ayant encore vue que stérile, je crois bon actuellement de réserver son appellation.

Bromuques. — Ils sont constitués par des cellules corticales de forme assez variable, suivant leur origine et leur position, leur plus grande dimension excède rarement 10$^{\mu}$. A défaut de microspectroscope, j'ai traité sous la même lamelle des rameaux de *Ceramium* et d'*Antithamnion cruciatum* Näg. par des solutions légèrement ammoniacales de fluorescéine dans l'eau distillée et dans l'eau de mer; l'éclatement des cellules claires, la dissolution ou la coagulation ainsi que la coloration de leur contenu se sont montrés identiques chez les deux plantes : ce qui me paraît suffisamment prouver qu'il s'agit bien des mêmes bromuques.

Évolution des anneaux corticaux et des bromuques. — Chaque anneau cortical est formé :

1° De quelques cellules (4 à 6) que j'appellerai cellules primordiales pour la facilité de l'exposé, qui se séparent successivement de la cellule principale du segment et demeurent en relation avec elle par un orifice;

2° Toutes les autres corticales qui naissent des primordiales de la manière suivante : En général, une cellule primordiale s'accroît d'abord vers le haut, en deux courts rameaux symétriques, de deux cellules, surmontés d'un poil hyalin qui disparaît de bonne heure; resserrée en coin, entre les deux rameaux, et provenant du sommet de la primordiale, une cellule évolue en bromuque; parfois aussi un autre bromuque se forme latéralement sur une des cellules des rameaux, ou bien occupe la place de la cellule terminale d'un de ceux-ci, le bromuque médian étant présent ou non.

Plus tard, la cellule primordiale se cloisonne horizontalement et les deux cellules qui en résultent sont toujours beaucoup plus longues que hautes : à ce stade temporaire, observable dans un plus ou moins grand nombre d'anneaux successifs, cette disposition rappelle singulièrement le *Ceramium transversale* Collins et Hervey, et la figure qu'en a donnée Börgesen ([1]). Puis la cellule inférieure ainsi formée se divise par une cloison verticale en deux cellules sur chacune desquelles apparaît un bromuque, parfois en une cellule et deux bromuques par deux cloisonnements verticaux; à ce moment, les bromuques supérieurs ont généralement disparu.

La dernière manifestation de l'activité des cellules corticales consiste dans l'allongement des cellules primordiales en rhizoïdes unicellulaires incolores. La grande cellule axiale, qui jusque-là n'avait pas subi de variation notable, s'allonge jusqu'à

([1]) Börgesen, *The marine Algæ of the Danish West-Indies*, 2, fig. 233.

atteindre sept à dix fois son diamètre, devenant incolore et cylindrique, et il m'a paru qu'elle pouvait encore, dans certains cas, produire un rameau adventif.

Ordre d'apparition des bromuques. — Les cellules primordiales d'un anneau, et leurs dépendances ne se forment pas simultanément; la première apparaît dans le plan de dichotomie, du côté externe et convexe des rameaux; aussi, dans les dernières ramifications, il n'y a qu'un bromuque par anneau et du côté externe; avant la disparition du premier bromuque un second apparaît du côté opposé; les autres se forment ensuite, et ceux des cellules inférieures en dernier lieu. Seules les cellules qui sont le point de départ d'une ramification font exception à cette règle, leurs premiers bromuques apparaissent dans le plan perpendiculaire au plan de dichotomie.

Cependant, par suite du développement tardif et simultané des bromuques ou à cause de leur persistance, 5 ou 6 anneaux de la région moyenne de tous les *Ceramium* fixés sur une même Coralline en étaient couverts; chaque cellule corticale en portait un, parfois deux : c'est donc 30 à 40 bromuques colorables que l'on pouvait observer sur chaque anneau.

Conclusions. — Certains *Ceramium* portent des bromuques analogues à ceux des *Antithamnion* et des *Antithamnionella*, leur apparition dure autant que la multiplication des cellules corticales, qui toutes peuvent en porter; ils semblent disparaître ensuite complètement.

ANATOMIE. — *Les muscles gubernateurs de la lunule chez* Eristalis tenax *L. Dimorphisme sexuel.* Note (1) de MM. **L. Mercier** et **J. Villeneuve**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Chez les *Syrphidæ* (*Cyclorhapha aschiza*), le mécanisme de la sortie de l'imago du puparium est assez discuté. Rappelons, à ce sujet, que les observations de Brauer, de Gerstäcker, de Künckel d'Herculais ne concordent pas avec celles de de Meijere et de Becher. Mais quoi qu'il en soit, il est bien établi maintenant que les *Syrphidæ* adultes ne présentent pas trace de ptiline; d'autre part, les auteurs sont également d'accord pour admettre que la lunule correspond à l'extrême pointe de la bande médio-frontale.

Or, chez *Calliphora erythrocephala* Meig. (*Cyclorhapha schizophora*), nous avons montré (2) qu'il existe deux muscles gubernateurs de la lunule; leur

(1) Séance du 24 janvier 1927.

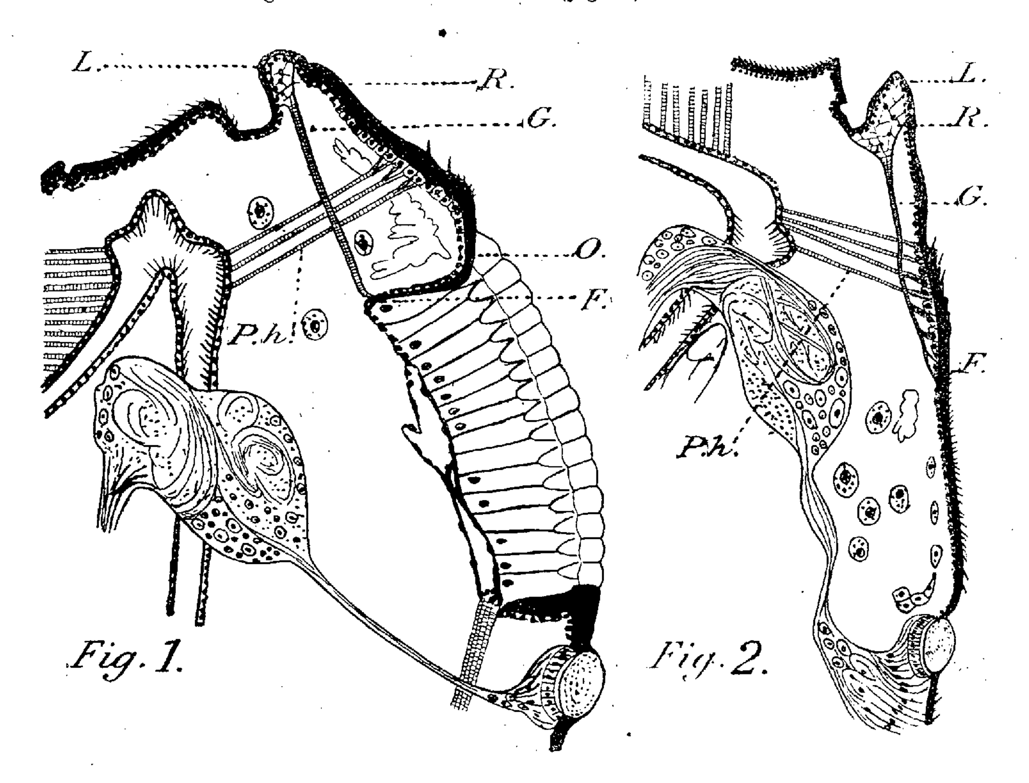
(2) L. Mercier et J. Villeneuve, *Deuxième contribution à l'étude de la tête des Diptères cyclorhaphes : La lunule et ses organes sensoriels* (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1098).

rôle consiste dans la mise en place de cette pièce du squelette de la tête après l'invagination définitive de la ptiline.

Il était donc intéressant de rechercher les muscles moteurs de la lunule des *Syrphidæ* et cela afin de voir quelle homologie il y a lieu d'établir entre la lunule des *Aschiza* et celle des *Schizophora*.

Comme type d'étude, nous avons choisi une espèce de *Syrphidæ* extrêmement commune, *Eristalis tenax* L. Voici le résultat de nos observations :

Eristalis tenax mâle. — Des coupes sagittales et frontales nous ont montré qu'il existe deux muscles gubernateurs de la lunule (*fig.* 1).



Chacun de ces muscles (G) s'insère, d'une part, sur la lunule (L) par l'intermédiaire d'un réseau (R) à larges mailles, rappelant le dispositif que nous avons signalé chez *C. erythrocephala*, mais avec cette différence que nous n'avons pu reconnaître d'éléments sensoriels nettement définis.

L'autre insertion (F), insertion fixe, se trouve sur le cadre oculaire (O) au voisinage de celle du moteur du scape correspondant (non représenté).

Eristalis tenax femelle. — Les coupes sagittales (*fig.* 2) montrent que si l'insertion de chacun des gubernateurs (G) sur la lunule (L) est semblable à celle que nous venons de décrire chez le mâle, il n'en est pas de même pour l'insertion fixe. En effet,

chez la femelle, cette insertion (F) se trouve sur la bande médio-frontale, un peu en arrière des insertions des dernières fibres des muscles fronto-pharyngiens (Ph).

Conclusions. — La lunule des *Aschiza* (type *E. tenax*) doit être homologuée à celle des *Schizophora* (type *C. erythrocephala*). Dans les deux cas, cette pièce du squelette de la tête est mobile au moment de l'éclosion de l'imago, et elle obéit au jeu de ses gubernateurs.

Mais, ainsi qu'on pourrait être tenté de le faire d'après l'étude de la tête d'*E. tenax* mâle, et comme nous l'avions admis pour *C. erythrocephala*, il n'est plus possible de considérer les gubernateurs de la lunule comme formés par des fibres détachées des muscles moteurs des scapes.

En effet, chez les femelles d'*E. tenax*, ces deux groupes de muscles sont nettement distincts et ne présentent aucun rapport.

La situation différente des insertions fixes des gubernateurs chez le mâle et chez la femelle d'*E. tenax* réalise un curieux cas de dimorphisme sexuel dont nous nous proposons de rechercher le déterminisme.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les origines ancestrales des Libellules.* Note de M. **P. Vignon** (1), présentée par M. Bouvier.

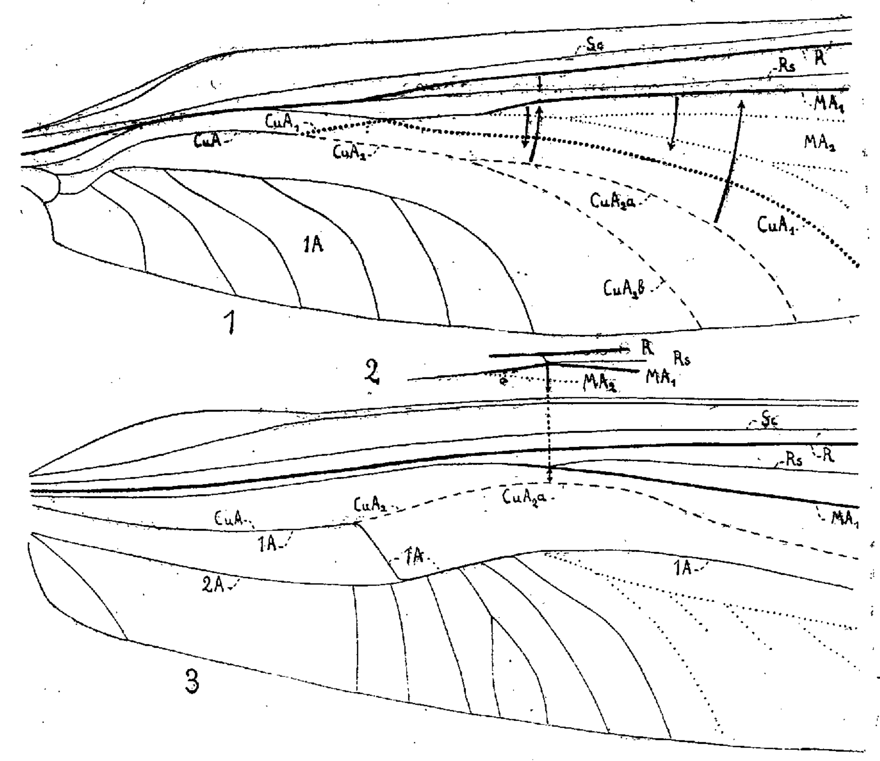
Les Libellules actuelles dérivent des Méganeurides du Houiller : mais d'où les Méganeurides proviennent-ils?

A ne tenir compte d'abord que de la nervation alaire, c'est, de toute évidence, une mutation destructive de la Cubitale CuA_1 et de la Médiane MA_2 qui aura engendré l'aile des Méganeurides (cf. Lameere, Tillyard). Pour préciser, la chose se sera faite en deux temps. 1° En partant d'un type dont la Cubitale et la Médiane soient celles de *Dictyoptilus* (*fig.* 1), l'on aura abouti à un équivalent de *Protagrion* : du fait que la convexité basale de MA_1 se sera soudée à Rs en un point, et que R sera venu émettre Rs face à ce point (*fig.* 2). 2° Rs est ensuite comme arraché de R; entre CuA_2a et MA_1, l'angle se ferme; du coup, les veines MA_2 et CuA_1 sont forcées de disparaître. Un dynamisme, orienté, aura provoqué ce pincement énergique (*fig.* 1 à 3).

Mais quels sont vraiment les Insectes qui auront évolué de la sorte? Pas

(1) Voir ma Note précédente *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 234. — Tillyard (1922 et 1925), Lameere (1922), ont corrigé l'erreur courante, qui, chez les Odonates, portait sur Rs et sur M. Ayant vu ladite erreur de mon côté, je donne, à cet égard, des précisions. Je m'efforce ensuite de poser exactement le problème de l'origine phylogénétique des Libellules.

Dictyoptilus, avec son Anale unique, si la région anale des Méganeurides est bien interprétée figure 3. Quant à *Protagrion Audouini*, sa région anale est inconnue; mais le Genre voisin *Calvertiella* Tillyard n'a, comme



Trois fossiles du Houiller de Commentry.

Fig. 1. — *Dictyoptilus sepultus* (*Cockerelliella sepulta*) Meunier.

Fig. 2. — *Protagrion Audouini* Ch. Brongniart. Détail de l'aile.

Fig. 3. — *Gilsonia titana* Meunier (Méganeuride). Le dessin demi-schématique des Anales appuie l'interprétation de Lameere (1922) avec une autre nomenclature. En pointillé, le Secteur bas de 1 A, perdu par les Libellules actuelles. Noter ici la courte Anale basilaire, faiblement haute.

Dictyoptilus, qu'une seule Anale. De même pour les Mégasécoptéridés. Autant de formes donc qui n'auront pas engendré les Méganeurides (1).

Le problème se complique encore beaucoup si l'on tient le compte qu'il faut du thorax. L'on sait en effet depuis Chabrier (1820), confirmé par Berlese (1909) (I, p. 428; II, p. 635), que, seuls des Insectes actuels, les Odonates abaissent l'aile en l'attaquant directement, elle-même, par delà le

(1) Sous le nom d'*Odonatoptères*, voire de *Protodonates*, les auteurs mettent *Dictyoptilus*, *Protagrion* parmi les ancêtres des Méganeurides en raison de la nervulation transverse de l'aile; mais il peut n'y avoir là qu'une convergence. Il faudrait avoir vu les thorax.

point d'appui, tandis que, chez tous les autres, des muscles longitudinaux dorsaux, qui manquent aux Libellules, haussent le toit du thorax : ce qui fait baisser l'aile, par contre-coup. Le plafond du thorax est alors chez eux bombé et large, au lieu que celui des Libellules est étroit et déprimé (cf. *Meganeura Monyi*, n° 1547 : Brongniart, pl. XLI, fig. 1). Or le thorax d'*Archæmegaptilus* (région anale détruite), celui de *Peromaptera* (genre très spécial), celui de *Dictyoptilus*, de *Protagrion*, de *Calvertiella*, est inconnu; mais il est bombé et large, quand il est observable, chez les Spilaptéridés et chez les Mégasécoptéridés, qui passent pour précéder ces divers types.

Avec leur thorax absolument spécial, les Libellules auront évolué pour leur compte depuis qu'elles ont une aile : le thorax des autres n'étant d'ailleurs ni moins ni plus primitif que le leur (1). Je n'ai pas encore découvert les aïeux effectifs des Méganeurides, à Commentry; mais cette Note veut indiquer ce qu'auront dû être la nervation alaire et le thorax des toutes premières Libellules.

EMBRYOGÉNIE. — *Origine de la première ébauche génitale chez* Bufo vulgaris. Note de Mlle **S. Perle**, présentée par M. L. Bouvier.

Les gonocytes primaires des Batraciens sont-ils d'origine mésodermique ou endodermique? Cette question, étudiée par de nombreux auteurs, fut à nouveau posée par M. Bouin en 1901. Depuis, les deux théories ont été soutenues. Le travail de L. Bounoure, en 1925 (2), permet de conclure à une origine endodermique des cellules génitales chez *Triton alpestris* et *Rana temporaria*. La présente étude faite sur *Bufo vulgaris* vient compléter le travail de L. Bounoure et en confirmer les conclusions générales.

La formation et l'évolution de la première ébauche génitale fut étudiée par Dustin en 1907. « Chez *Bufo vulgaris*, dit-il, les premières ébauches des organes reproducteurs sont paires, symétriques, et d'origine mésoblastique pure ». En 1905 Helen King, après une étude sur *Bufo lentiginosus*, conclut à la formation d'une ébauche sexuelle, impaire, médiane, et de provenance endodermique.

Le débat se retrouve donc le même, à propos de *Bufo*, qu'au début des recherches.

(1) L'attaque directe d'une aile par des muscles abaisseurs est primitive; mais l'utilisation d'une musculature longitudinale dorsale des segments de l'Insecte ne l'est pas moins. La vérité est qu'il y a là deux logiques et, par suite, deux mécanismes indépendants.

(2) *Ann. Sc. nat., Zool.*, 10e série, 8, 1925, p. 201.

J'ai repris l'étude de ce problème et suivi, sur un grand nombre de coupes, la formation de la première ébauche génitale chez des embryons de *Bufo vulgaris* à différents stades de leur développement. C'est chez un embryon d'environ 6^{mm} de longueur totale que l'on voit apparaître les premiers gonocytes déjà différenciés, dans l'endoderme du tiers postérieur du corps. Ce sont de grandes cellules à vitellus, en général moins pigmentées que les cellules environnantes, mais dont le trait caractéristique et leur gros noyau clair, à trame difficilement colorable avec un ou plusieurs petits nucléoles arrondis. Tous les éléments du noyau accusent une acidophilie très marquée. Les autres cellules du corps possèdent au contraire un noyau fortement colorable, très basophile et pourvu d'un gros nucléole. Ces gonocytes partent de foyers symétriques, situés de part et d'autre de la lumière archentérique. On les voit cheminer en une double série dans le massif endodermique, pour venir finalement se rassembler à l'extrême bord dorsal de ce massif. Chez un embryon de $7^{mm},1$ ($4^{mm},3$ de l'extrémité céphalique à l'anus), ils constituent là un véritable cordon génital s'étendant sur une longueur de $337^{\mu},5$, le dernier gonocyte se trouvant à 1237^{μ} de l'anus. A ce stade les lames latérales sont accolées au cordon à droite et à gauche, et commencent à l'isoler de l'intestin en s'insinuant entre sa partie inférieure et le sac vitellin, constituant ainsi une ébauche du mésentère de l'adulte.

Chez un embryon de $7^{mm},9$ ($4^{mm},5$ de la tête à l'anus), le cordon génital se subdivise dans le plan vertical en deux moitiés, sur une longueur de 1020^{μ} jusqu'à 720^{μ} de l'orifice anal. Chacune des deux parties du cordon génital constitue ainsi l'ébauche d'une glande génitale définitive.

Les faits identiques ayant été observés chez *Rana temporaria*, la présente étude confirme cette conclusion générale : A partir d'un certain stade, les gonocytes des Batraciens anoures apparaissent dans l'endoderme comme des cellules différenciées cheminant à travers le massif vitellin de part et d'autre de la lumière archentérique; ils viennent se rassembler au sommet pour former une crête génitale qui deviendra un cordon plein (pouvant d'ailleurs être interrompu). Ce cordon s'isole de l'endoderme par fissuration, et se subdivise bientôt, pour donner naissance aux deux glandes génitales symétriques définitives. Notons enfin que les gonocytes gardent pendant toute cette évolution les caractères distinctifs que nous leur avons attribués dès leur apparition. Il n'est pas impossible, d'autre part, qu'une technique différente nous montre plus tard la prédifférenciation de ces cellules dans l'endoderme, à des stades plus précoces que ceux que nous avons pu étudier.

BIOLOGIE. — *Sur certaines migrations des Anguilles en Grèce.* Note de M. G. **Athanassopoulos**, présentée par M. L. Joubin.

Les mouvements et les migrations des Anguilles sont maintenant bien connus, depuis le début de leur existence jusqu'à leur installation en eau douce, dans leurs lignes générales; mais une variation intéressante se rencontre dans le cas des lacs fermés, éloignés de la mer, où l'on ne pêche ordinairement que de grosses anguilles.

J'ai eu l'occasion d'observer un cas très spécial de ces migrations dans le lac de Jannina (Epire méridionale, Grèce).

Ce lac est situé dans l'intérieur du pays, à 106^{km} de la mer. Outre divers Poissons ou Crustacés, il renferme de grosses Anguilles, toujours d'un poids variant entre 1 et 2^{kg}; elles sont en quantité restreinte. On ne peut pêcher de petites Anguilles qu'exceptionnellement, quand, par suite d'inondations, il se produit une communication entre le lac et les cours d'eau voisins.

L'explication de ce fait me paraît devoir être trouvée dans la disposition géologique du lac de Jannina qui, par des débouchés souterrains, donne naissance, à un niveau inférieur, à la formation de fleuves et de ruisseaux (Louros, etc.). Il est à noter que le lac ne possède aucun autre débouché à la surface. Il y a toute raison de croire que les Anguilles capturées normalement dans le lac y viennent du golfe de Préveza en remontant par les déversoirs souterrains du lac. Elles pénètrent dans le golfe de Préveza à l'état de Civelles et, vieillissant en route, passent à l'état de jeunes Anguilles pendant leur trajet souterrain jusqu'au lac. Pour y arriver elles doivent parcourir une longue route souterraine, pleine d'obstacles et d'irrégularités; par conséquent elles doivent, vu le long temps nécessaire, être déjà fortes et âgées en arrivant au lac après cette pénible montée.

Il me paraît possible de généraliser le fait local du lac de Jannina et de donner ainsi l'explication du phénomène que l'on observe dans tous les lacs clos où l'on trouve de grosses Anguilles à peu près toutes de la même taille.

Cette conclusion peut être renforcée par le fait que les petites Anguilles, pêchées occasionnellement dans ces lacs comme il a été dit plus haut, sont d'une race bien différente, notamment par la couleur, des autres Anguilles de grande taille dont la présence est normale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le noyau phosphoré de la caséine.* Note (¹) de M. S. **Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai montré que la trypsine ne sépare pas de la caséine de lait des quantités sensibles d'acide phosphorique, en un temps suffisant cependant pour scinder la molécule albuminoïde et pour en détacher, entre autres, un polypeptide contenant 4^{at} de P et 18^{at} de N. Ce polypeptide représente la majeure partie du phosphore de la caséine : il semblait résister à l'action ultérieure de la trypsine. J'ai réussi, grâce à une préparation de pancréas bovin très active, à isoler des chaînes ayant 16^{at} et 15^{at} de N pour 4^{at} de P. Le produit le plus dégradé cristallise dans l'eau alcoolisée en globoïdes et se prête à l'étude du noyau phosphoré de la caséine. Je désignerai ces composés sous le nom de lactotyrines α, β ou γ (²).

Composition et propriétés chimiques. — Les lactotyrines α, β et γ correspondent respectivement aux formules

	Poids moléculaire.	P %.	N %.
$C^{64}H^{111}N^{15}O^{43}P^{4}$...........	1902	6,51	11,03
$C^{67}H^{116}N^{16}O^{44}P^{4}$...........	1972	6,29	11,36
$C^{72}H^{124}N^{18}O^{47}P^{4}$...........	2116	5,86	11,91

Ces produits sont solubles dans l'eau, γ moins que α et β, et possèdent des propriétés analogues. Leurs solutions sont très acides à l'hélianthine et au tournesol.

Les lactotyrines forment des sels alcalins et alcalino-terreux solubles dans l'eau. Les alcalis caustiques et la baryte en séparent peu à peu, à la température ambiante, très rapidement à l'ébullition, presque la totalité du P à l'état d'acide phosphorique.

Les lactotyrines sont fortement lévogyres, $\alpha_D^{19^\circ,5} = -67^\circ,84$ pour le produit α, par exemple, et $\alpha_D^{19,5} = -93^\circ,82$ pour son sel ammoniacal. Elles donnent une belle réaction rose de biuret et pas de réactions de Millon, de Molisch et xanthoprotéique.

Constitution chimique de la lactotyrine α. — La détermination quantitative des produits d'hydrolyse est difficile à cause de la résistance du polypeptide à l'action des acides minéraux. On est obligé de chauffer avec l'acide chlorhydrique à 25 pour 100, 20 heures à deux reprises, la deuxième fois

(¹) Séance du 17 janvier 1927.

(²) De même que le mot lécithine (ἡ λέκιθος, jaune d'œuf), créé par Gobley, est devenu le nom générique de certaines graisses phosphorées, le terme tyrine (ὁ τυρός, fromage), ancien nom abandonné de la caséine, désignera les complexus phosphorés des pseudonucléoprotéides.

après élimination des produits cristallisables. Cette hydrolyse ne va pas sans désamination partielle des chaînons azotés (environ 2^{mol} NH^4OH). C'est la sérine qui en perd le plus lors de l'hydrolyse, ce qui est prouvé par la formation des quantités considérables d'acide pyruvique (plus de $0^{mol},5$) (1).

Je suis parvenu à isoler des produits d'hydrolyse, en plus de l'ammoniaque et de l'acide pyruvique :

	mol
Acide glutamique	3
Acide aspartique	0,6
Isoleucine (un peu plus de)	3
Sérine (environ)	3
Acide phosphorique	4

puis, de petites quantités de dipeptides ayant la composition d'isoleucyl-sérine, d'acides séryl-aspartique et pyruvyl-sérine, des quantités plus importantes de tripeptides tels que séryl-séryl-sérine et pyruvyl-séryl-sérine et de tétrapeptides séryl-séryl-séryl-sérine et pyruvyl-séryl-séryl-sérine.

En combinant les résultats obtenus, je pense que la décomposition de la lactotyrine α pourrait être exprimée par l'équation

$$C^{64}H^{111}N^{15}O^{43}P^4 + 18H^2O$$
$$= \underset{\text{Acide glutamique.}}{3C^5H^9NO^4} + \underset{\text{Acide aspartique.}}{C^4H^7NO^4} + \underset{\text{Isoleucine.}}{4C^6H^{13}NO^2} + \underset{\text{Sérine.}}{7C^3H^7NO^3} + 4H^3PO^4.$$

Les 15 molécules d'acide aminés se trouvent dans la lactotyrine α en liaison peptidique, car un polypeptide formé dans ces conditions de 11 acides monobasiques et de 4 bibasiques, possède 5 carboxyles libres qui, ensemble avec les 4 restes phosphoriques bibasiques, doivent présenter à la titration, en présence de la phtaléine de phénol, 12 acidités. Trouvé : 11,6.

Étant donnée cette structure du polypeptide, les 4 acides phosphoriques ne peuvent être fixés que sur les oxhydriles des sérines.

De cette étude découle cette notion nouvelle que *le noyau phosphoré de la caséine de lait est formé de 4 acides sérine-phosphoriques.*

La séance est levée à $15^h 40^m$.

E. P.

---

(1) Je l'ai extrait par l'épuisement à l'éther dans l'appareil de Kutscher-Steudel et pesé comme phénylhydrazone. A cette occasion, on a observé que l'acide pyruvique se condense en milieu chlorhydrique, à la température d'ébullition, avec la phloroglucine en donnant un précipité rouge se colorant en vert par le carbonate de soude.

ERRATA.

(Séance du 24 janvier 1926.)

Note de MM. *H. Lagatu* et *L. Maume*, Contrôle du mode d'alimentation d'une plante pérenne (vigne) dans un sol donné recevant une fumure donnée :

Page 230, légende du graphique II, *au lieu de* 60 pieds, *lire* 130 pieds.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 FÉVRIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les actions chimiques des radiations. Remarques au sujet d'une Note récente de* M. A. GARGAM DE MONCETZ (¹). Note de M. **P. VILLARD**.

Dans le précédent *Compte rendu*, M. A. Gargam de Moncetz a très opportunément rappelé ses expériences de 1908 sur la destruction des images latentes par les rayons infra-rouges. L'un des résultats, particulièrement intéressant, paraît être inverse de ceux que j'avais obtenus antérieurement : M. A. Gargam de Moncetz a en effet observé que, sur une plaque photographique voilée par les rayons X, l'infra-rouge compris entre 9200 Å et 13500 Å environ accroît le voile au lieu de l'effacer. Il est un peu surprenant de voir l'action des rayons peu réfrangibles s'inverser brusquement à partir d'une longueur d'onde assez bien définie ; un tel changement de propriétés paraît d'autant plus improbable que, ainsi que je l'ai montré en 1899 (²), et décrit en détail en 1907 (³), toutes les radiations comprises entre le début de l'ultra-violet et le commencement de l'infra-rouge agissent exactement dans le même sens, à l'intensité près, ce qui se comprend aisément si l'on considère que ce domaine est bien étroit en comparaison de la distance qui le sépare des rayons X.

Je crois qu'on peut interpréter correctement les faits sans recourir à l'hypothèse d'une inversion de propriétés dans l'infra-rouge.

(¹) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 284.
(²) *Comptes rendus*, **128**, 1899, p. 237.
(³) *Journal de Physique*, 4ᵉ série, **6**, 1907, p. 445.

Des phénomènes analogues à celui dont il s'agit s'observent fréquemment dans la pratique de la spectrographie et s'expliquent généralement par l'intervention de la lumière diffusée; il semble qu'il en soit de même dans le cas présent. M. A. Gargam de Moncetz avait prévu cette objection et cherché à l'écarter par l'emploi d'une cuve contenant une dissolution sulfocarbonique d'iode. Or cet absorbant, parfait dans le cas de l'expérience de Tyndall, a son maximum d'absorption situé vers 5100 Å, et, comme on peut s'y attendre d'après sa couleur, il est notablement transparent pour le début au moins de l'ultra-violet. Même avec une opacité suffisante pour empêcher de voir le filament d'une lampe demi-watt de 100 bougies, ce filtre laisse passer l'ultra-violet émis par cette lampe [1], ainsi que la raie 3650 donnée par un arc à mercure en verre [2].

Cette particularité permet de comprendre les résultats obtenus :

On sait en effet, par les expériences d'Herschel (1839), de Draper (1842), de Lerebours (1846), de Claudet (1848), d'Éd. Becquerel (1868), que, pour un dosage convenable, un mélange de rayons rouges et violets peut être sans action sur une préparation photographique; cet effet, dit de *protection*, s'explique par le fait que l'action destructive des rayons peu réfrangibles compense à tout instant l'impression produite par les rayons violets. Ce phénomène paraît tout à fait général :

Je l'ai par exemple observé au cours d'expériences de continuation ou, pour mieux dire, de développement par la lumière, sur des papiers à noircissement direct, dans lesquels il y a, formant révélateur, de l'azotate d'argent libre et des corps réducteurs (encollage des papiers, et, mieux, acide tartrique); si, après avoir légèrement impressionné un tel papier sous un cliché, on l'expose à la lumière, non pas sous des verres jaunes et verts, comme il conviendrait, mais sous un verre jaune doublé d'un verre rouge faible, les grands noirs se développent encore, mais les demi-teintes dans les blancs n'apparaissent pas; il y a, pour ces teintes, plus lentes à se renforcer, protection par les rayons rouges contre le noircissement.

Il est vraisemblable que quelque chose d'analogue a dû se produire dans les expériences de M. A. Gargam de Moncetz, avec cette variante qu'au lieu de chlorure ou bromure d'argent ordinaire on était en présence

---

(1) Cet ultra-violet présente, par rapport aux autres radiations, une intensité moindre que dans la lumière du jour, mais il est plus prolongé.

(2) La plupart des filtres présentent des inconvénients de ce genre : les verres rouges au cuivre ont leur maximum d'absorption dans le vert et laissent passer un peu de bleu. Certains verres jaunes sont légèrement transparents pour le violet. Le brome liquide, qui est rouge orangé, présente une bande de transparence dans l'ultra-violet, de 3650 Å à 3400 Å.

de bromure d'argent modifié par les rayons X, mais constituant aussi une matière sensible à la lumière.

Un peu d'extrême-violet et d'ultra-violet, l'un et l'autre très efficaces pour effacer le voile des rayons X, ont pu se diffuser dans le spectrographe et affaiblir ce voile; mais, sur la partie de la plaque où se projetait le spectre, est intervenue l'action destructive, régulièrement décroissante vers l'infra-rouge, des radiations de ce spectre.

Tant que cette action a dépassé une certaine valeur, l'effacement du voile s'est produit presque normalement; mais au-dessous de cette valeur, avec un quantum moindre, l'infra-rouge n'a pu que compenser l'influence de l'ultra-violet diffusé, en donnant lieu à un simple effet de protection. Il y aurait eu par suite, non pas *accroissement* du voile de 9200 Å à 13500 Å, mais seulement *retard* dans l'affaiblissement de ce voile par les rayons diffusés.

On serait ainsi en présence d'une manifestation nouvelle de l'antagonisme, si souvent constaté, qui existe (au moins pour les sels d'argent) entre les rayons rouges et les rayons violets, antagonisme d'ailleurs aisé à comprendre si l'on admet, comme l'a proposé Drude en 1906, que l'absorption dans l'ultra-violet est due aux électrons négatifs, alors que dans l'infra-rouge elle est produite par les électrons positifs.

On ne doit pas être surpris de constater que deux radiations différentes, toutes deux capables d'effacer un voile produit par des rayons X, se neutralisent néanmoins quand elles agissent simultanément en proportions convenables. Pareil fait s'observe dans le cas de la lumière seule : le rouge et le violet, par exemple, peuvent l'un et l'autre impressionner une plaque photographique, c'est une question de temps de pose ou d'intensité; cependant, les rayons rouges effacent une impression produite antérieurement par le violet et l'empêchent de se produire s'ils agissent en même temps.

Cette interprétation permet d'expliquer l'absence de toute apparence de noircissement au delà de 9200 Å quand la plaque photographique a été voilée par la lumière ordinaire, c'est-à-dire par du violet; les rayons diffusés n'ayant plus à affaiblir un voile de rayons X, et ne pouvant effacer une impression produite par des rayons à peu près identiques, tout ce qu'on peut observer est l'éclaircissement plus ou moins étendu de la région occupée par le spectre. Le cas d'un voile par la lumière rouge n'est pas très différent.

Les résultats obtenus par M. A. Gargam de Moncetz apparaissent dès lors, non plus comme une anomalie difficilement explicable, mais sous un aspect qui en souligne l'intérêt : ils montrent en effet que l'antagonisme entre le rouge et le violet peut être observé jusqu'à 13500 Å, c'est-à-dire bien au delà de ce que j'avais pu constater. On pourrait sans doute aller

plus loin encore avec des plaques très sensibles, ce qui serait extrêmement précieux, et sans avoir besoin de recourir aux rayons X dont le rôle, dans ces expériences, n'a sans doute été qu'indirect.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante. Décomposition spontanée et sans bruit sensible de certains éclairs sphériques de grand diamètre.* Note de M. **E. Mathias**.

Dans mes Notes antérieures sur la *matière fulminante* ([1]), j'ai expliqué les principales particularités qu'elle présente, sauf la décomposition spontanée et sans bruit sensible de certains gros éclairs sphériques. On peut combler aisément cette lacune.

1. Quand une décharge d'électricité naturelle traverse l'air, les lois du déplacement de l'équilibre imposent à la combinaison qui se forme (matière fulminante) d'être endothermique à la température t de sa formation. Lorsque la température t baisse par refroidissement de cette substance, le déplacement de l'équilibre impose une réaction exothermique consistant dans la décomposition spontanée d'une partie de la matière fulminante. Celle-ci se dissocie donc à mesure que la température baisse et de plus en plus vite, la tension de dissociation croissant quand la température baisse.

Inversement, une diminution de la pression à la surface de la matière fulminante fera remonter la température de celle-ci; au contraire, une augmentation de la pression abaissera la température.

A une température suffisamment basse, la tension de dissociation de la matière fulminante égale la pression atmosphérique H; alors, si aucune pression plus forte ne s'exerce à la surface de cette matière, celle-ci se résout spontanément et progressivement en ses éléments, *qui sont ceux de l'air* ([2]). Si la matière fulminante est *pure*, cette décomposition spontanée doit se faire sans production de vapeur d'eau ni dépôt de noir de fumée, donc *sans étincelles*.

Si la matière fulminante est impure par absorption de corpuscules végétaux ou animaux, la décomposition donnera lieu à de la vapeur d'eau et à des étincelles constituées par des particules de noir de fumée incandes-

---

([1]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1038 et 1111; **182**, 1926, p. 32 et 194.

([2]) La matière fulminante est, très vraisemblablement, un composé oxygéné de l'azote encore inconnu.

centes. Enfin, des gaz sulfurés (SO^2 et H^2S) seront mêlés à la vapeur d'eau.

Il en est ainsi lorsque les globes fulminants ont une électrisation superficielle faible ou nulle, ce qui est le cas exceptionnel.

2. Supposons maintenant le cas habituel; l'éclair sphérique est fortement électrisé. La pression électrostatique $2\pi\sigma^2$, σ étant la densité électrique superficielle, s'ajoutant à la pression atmosphérique, empêche tout départ des molécules gazeuses de la matière fulminante dissociée; par suite, la tension de dissociation augmente sans cesse, la température superficielle ne cessant de décroître. Celle-ci pourra même s'abaisser sensiblement au-dessous de celle qui correspond à une tension de dissociation égale à H si la décomposition est très rapide: à un certain moment, la couche superficielle sautera.

Celle-ci partie, le reste de la masse se trouve subitement à la pression atmosphérique. Si la sphère est grosse, le refroidissement étant lent, la température centrale diffère à peine de la température superficielle et, *en tous les points*, la tension de dissociation est supérieure à H; la décomposition de la matière fulminante, se produisant en tous les points à la fois et très rapidement, affecte la forme explosive. La violence de l'explosion diminuera à mesure que le rayon de la sphère sera plus petit. Si la décomposition est très lente, elle n'affectera pas la forme explosive.

3. Le raisonnement du paragraphe 2 suppose implicitement que la matière fulminante est *homogène*, c'est-à-dire qu'elle est formée de couches sphériques, isothermes et concentriques, dont la température décroît d'une façon continue du centre à la périphérie.

La présence d'*hétérogénéités thermiques* à l'intérieur de foudres sphériques peut donner lieu à des explosions partielles (¹), à des expulsions de masses de matière incandescente, le contact de celle-ci avec les corps vivants donnant des secousses électriques ou non selon qu'il s'agit de globes électrisés ou non.

Les conclusions de ce qui précède sont les suivantes :

I. *Les foudres sphériques non électrisées, quel que soit leur rayon, se décomposent spontanément et sans bruit sensible si la matière est homogène. S'il y a des hétérogénéités thermiques, elles donnent lieu à des projections de matière incandescente précédant la décomposition spontanée.* Toutes choses égales d'ailleurs, ces foudres ne paraissent pas dangereuses.

(¹) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1038.

II. *Les foudres électrisées sont doublement dangereuses : et par leur explosion même qui peut causer des traumatismes graves, et par les projections de matière électrisée.* Le contact avec un globe électrisé, de rayon médiocre, même s'il n'explose pas, peut produire l'électrocution.

Malheureusement, l'œil ne peut distinguer les globes électrisés fortement de ceux qui ne le sont pas ou le sont faiblement. On peut cependant faire les remarques suivantes :

III. *Lorsque la matière fulminante est pure, sa couleur superficielle étant celle du corps noir qui se refroidit, les globes les plus chargés, pour un même diamètre, sont ceux qui explosent à la température la plus basse. La coloration rouge est d'autant plus dangereuse qu'elle est plus sombre.*

Tant que les globes sont jaunes ou orangés, ils n'explosent pas en bloc : ils ne sont dangereux qu'à cause de la possibilité d'explosions partielles.

IV. *Quand la matière fulminante est impure il faut superposer une coloration bleue à celle de la matière pure. En particulier, on se défiera des gros globes violacés, leur basse température indiquant la très grande probabilité d'une forte pression électrostatique qui retarde leur explosion finale.*

Remarque. — On sait que certains dispositifs d'artifice *fusent* ou *explosent* selon qu'on laisse les produits de la combustion rapide du mélange explosif se dégager librement, ou qu'un obstacle convenable, gênant l'écoulement des gaz, produit par l'accumulation de ceux-ci une pression antagoniste. On remarquera le parallélisme des effets avec ceux des gros globes fulminants pourvus, ou non, d'une forte pression électrostatique.

CORRESPONDANCE.

M. **Ch.-Eugène Guye**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **P. Pascal**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un cas généralisé de la probabilité des épreuves répétées.* Note [1] de M. **Charles Jordan**, transmise par M. Appell.

Une urne contient a_1 boules marquées 1, a_2 boules marquées 2, et ainsi de suite, enfin a_{k+1} boules marquées $k+1$. Soit $a_1+a_2+\ldots+a_{k+1}=m$. On tire une boule, puis on rajoute à l'urne $h+1$ boules marquées du même numéro que la boule sortie. On répète l'opération n fois et l'on demande la probabilité d'obtenir, en n épreuves, ν_1 numéros 1, ν_2 numéros 2, et ν_{k+1} numéros $k+1$. Comme on doit avoir $\nu_1+\nu_2+\ldots+\nu_{k+1}=n$ le problème est à k variables indépendantes. On peut le traiter à l'aide de la fonction hypergéométrique F_D de M. Lauricella, laquelle n'est qu'une simple généralisation de la fonction hypergéométrique F_1 à deux variables de M. Appell [2].

Les cas $h=0$ et $h=-1$ sont remarquables.

La probabilité cherchée est

$$(1)\quad P(\nu_1,\ldots,\nu_k)=\frac{n!}{\nu_1!\ldots\nu_{k+1}!}\,\frac{\prod_{i=1}^{k+1} a_i(a_i+h)\ldots(a_i+\nu_i h-h)}{m(m+h)\ldots(m+nh-h)}=\frac{\prod_{i=1}^{n+1}\binom{-\beta_i}{\nu_i}}{\binom{-\mu}{n}},$$

où, pour simplifier l'écriture, on a posé $\beta_i=\frac{a_i}{h}$ et $\mu=\frac{m}{h}$ avec

$$\binom{z}{\lambda}=\frac{\Gamma(z+1)}{\Gamma(\lambda+1)\Gamma(z-\lambda+1)}.$$

La probabilité d'obtenir une boule marquée i au $(n+1)^{\text{ième}}$ coup est *indépendante de h et de n*; la probabilité totale d'obtenir le numéro i à la $(n+1)^{\text{ième}}$ épreuve est

$$P_i=\frac{a_i}{m}\sum_{\nu_1+\ldots+\nu_{k+1}=n}\frac{\binom{-\beta_1}{\nu_1}\ldots\binom{-\beta_i-1}{\nu_i}\ldots\binom{-\beta_{k+1}}{\nu_{k+1}}}{\binom{-\mu-1}{n}}=\frac{a_i}{m},$$

car d'après une formule connue de Cauchy, la somme en facteur est égale à l'unité.

---

(1) Séance du 31 janvier 1927.

(2) P. Appell et J. Kampé de Fériet, *Fonctions hypergéométriques*, Paris, 1926, p. 115.

La fonction génératrice $G(x_1, x_2, \ldots, x_k)$ de la probabilité précédente peut s'exprimer à l'aide de la fonction hypergéométrique F_D à k variables

$$(2)\qquad F_D(\alpha, \beta_1, \ldots, \beta_k, \gamma, x_1, \ldots, x_k)$$
$$= \sum_{\nu_1=0}^{\infty} \cdots \sum_{\nu_k=0}^{\infty} (-1)^{\nu_1+\ldots+\nu_k} \frac{\binom{-\alpha}{\nu_1+\ldots+\nu_k}}{\binom{-\gamma}{\nu_1+\ldots+\nu_k}} \prod_{i=1}^{k} \binom{-\beta_i}{\nu_i} x_i^{\nu_i}$$
$$= \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\gamma-\alpha)} \int_0^1 t^{\alpha-1}(1-t)^{\gamma-\alpha-1} \prod_{i=1}^{k} (1-x_i t)^{-\beta_i}\, dt \quad [1].$$

En général, les valeurs négatives entières de γ sont exclues des formules, sauf si α est un entier négatif tel que $-\gamma < -\alpha$; c'est ce qui arrive dans notre cas.

La somme des probabilités (2), prise pour toutes les valeurs possibles de $\nu_1, \ldots, \nu_k$ étant équivalente à la certitude, doit être égale à l'unité. En posant $x_1 = x_2 = \ldots = x_k = 1$, on a donc

$$F_D(-n, \beta_1, \ldots, \beta_k, -\beta_{k+1} - n + 1, 1, 1, \ldots, 1) = \frac{\binom{-\mu}{n}}{\binom{-\beta_{k+1}}{n}},$$

conformément à la formule donnée par M. Appell [2].

Les formules permettent de déterminer les *moments factoriels* de la probabilité (2). Définissons le moment factoriel d'ordre c_1 en ν_1, d'ordre c_2 en ν_2, d'ordre c_k en ν_k et d'ordre total $s = \nu_1 + \nu_2 + \ldots + \nu_k$ par

$$(3)\qquad \mathfrak{m}(c_1, \ldots, c_k) = \sum_{\nu_1=0}^{\infty} \cdots \sum_{\nu_k=0}^{\infty} P(\nu_1, \ldots, \nu_k) \prod_{i=1}^{k} \nu_i(\nu_i-1)\ldots(\nu_i-c_i+1),$$

on aura

$$\mathfrak{m}(c_1, \ldots, c_k) = \frac{\partial^s G(x_1, x_2, \ldots, x_k)}{\partial x_1^{c_1} \ldots \partial x_k^{c_k}} \qquad (x_1 = \ldots = x_k = 1).$$

On trouve

$$\mathfrak{m}(c_1, \ldots, c_k) = \frac{\binom{n}{s}}{\binom{-\mu}{s}} \prod_{i=1}^{k} \binom{-\beta^i}{c_i} c_i!$$

Inversement étant donnés les k moments factoriels du premier ordre ξ_1, $\xi_2, \ldots, \xi_k$ et deux moments d'ordre total 2 d'une fonction de fréquence sta-

---

([1]) *Loc. cit.*, p. 115-116.
([2]) *Loc. cit.*, p. 117.

tistique, on peut déterminer à l'aide des formules (3) les constantes α, $\beta_1, \ldots, \beta_k$ et γ de la fonction hypergéométrique.

Si outre les k moments du premier ordre, les moments du second ordre donnés sont $\mathfrak{m}(2, 0, \ldots) = \eta$ et $\mathfrak{m}(1, 1, 0, \ldots) = \zeta$, on a

$$\beta_i = \frac{a_i}{h} = \frac{\xi_i \zeta}{\xi_2 \eta - \xi_1 \zeta}, \qquad -\alpha = n = \frac{\xi_1 \xi_2 + \xi_2 \eta - \xi_1 \zeta}{\xi_1 \xi_2 - \zeta},$$
$$\mu = \frac{m}{h} = \frac{\zeta(\xi_1 \xi_2 + \xi_2 \eta - \xi_1 \zeta)}{(\xi_1 \xi_2 - \zeta)(\xi_2 \eta - \xi_1 \zeta)}.$$

GÉOMÉTRIE. — *Une définition des nombres de Betti pour un ensemble fermé quelconque.* Note de M. **Paul Alexandroff.**

La Note présente est en relation étroite avec ma Note *Sur la dimension des ensembles fermés* (¹). Le but commun de ces travaux est de résumer le principe d'un point de vue nouveau, qui devra contribuer à combler la lacune encore existante entre l'*Analysis situs* classique et la Topologie moderne basée sur la Théorie des ensembles.

1. Supposons donné un système fini quelconque d'ensembles de points (d'un espace absolument arbitraire). D'après une dénomination donnée par Urysohn à une notion due à M. Lebesgue (²), on appelle *ordre* du système donné le plus grand entier m tel qu'il existe au moins un point appartenant à m parmi les ensembles donnés.

Nous dirons en particulier que nous avons un système (ε, m), si tous les ensembles du système ont un diamètre inférieur à ε, l'ordre du système étant égal à m.

2. Cela posé, nous pouvons faire correspondre à tout système donné S d'ensembles

$$A_1, \quad A_2, \quad \ldots, \quad A_s,$$

système d'ordre $m+1$, un complexe à m dimensions N(S), que nous appellerons *nerf* du système S, et dont voici la définition :

1). Faisons correspondre à tout ensemble A_i de notre système un sommet a_i du complexe.

. . . .

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 640 (consulter cette Note pour toute question de terminologie ainsi que pour des références bibliographiques).

(²) *Fund. Math.*, 2, 1921, p. 257; *Fund. Math.*, 8, 1926, p. 287.

$k+1$). Introduisons dans notre complexe le tétraédroïde k-dimensionnel ayant pour ses sommets les points $a_{i_1}, a_{i_2}, \ldots, a_{i_{k+1}}$ dans le cas et dans ce cas seulement où il existe au moins un point commun à tous les ensembles

$$A_{i_1}, \ A_{i_2}, \ \ldots, \ A_{i_k}, \ A_{i_{k+1}}.$$

La construction sera terminée par l'introduction des tétraédroïdes à m dimensions.

3. On s'aperçoit aisément que la définition précédente est en relation étroite avec le principe de réciprocité découvert par Henri Poincaré [1]. En effet :

I. *Soit* M *une variété n-dimensionnelle fermée quelconque, décomposée en des tétraédroïdes* [2]. M *est alors le nerf de son polyèdre réciproque* (*considéré comme système de ses éléments n-dimensionnels*).

En se servant d'une généralisation immédiate du résultat précédent, on obtient facilement la proposition que voici :

II. *Soit* C^m *un complexe à m dimensions. Quel que soit* $\varepsilon > 0$, *on peut décomposer* C *en un système* $(\varepsilon, m+1)$ *de polyèdres tel que le nerf de ce système est identique à* C^m (*ou à une subdivision convenable du dernier complexe*).

4. Soit maintenant F un ensemble fermé et borné (situé dans l'espace euclidien à un nombre quelconque de dimensions ou dans l'espace E^ω) [3]. Supposons que la dimension de F soit égale à m (la généralisation des raisonnements ci-dessous, pour le cas où la dimension de F est infinie, est immédiate). Quel que soit ε, on peut décomposer F en un système $(\varepsilon, m+1)$ de ses sous-ensembles fermés [4]. En donnant à ε des valeurs ε_k tendant vers zéro, et en choisissant pour tout ε_k un système $(\varepsilon_k, m+1)$ bien déterminé, on obtient, en prenant les nerfs de ces systèmes, une suite de complexes C_k^m à m dimensions. Or, *ces complexes, considérés avec certaines relations qu'on peut définir entre eux, déterminent complètement toutes les propriétés topologiques de l'ensemble* F. Il y a même plus. On peut introduire une certaine notion de *convergence topologique abstraite* [très voisine de la convergence

---

(1) Voir outre les Mémoires classiques de Poincaré (en particulier *Rend. Pal.*, 13, 1899, p. 314-321), l'Ouvrage de M. Veblen (*Analysis situs*, Cambridge Collodium, 1916, Part II, p. 85-91).

(2) Les lois de ces décompositions ont été formulées pour la première fois par M. Brouwer (*Math. Ann.*, 71, 1912, p. 97).

(3) Voir ma Note citée, note (2) de la page 640.

(4) Théorème démontré par P. Urysohn (*Fund. Math.*, 8, 1926, p. 301) et M. K. Menger (*Monatshefte f. u. Physik*, 34, 1924, p. 153).

des groupes de l'espace de M. Baire vers des points de cet espace [1]], et l'on démontre alors [2] que les complexes C_k^m convergent dans ce sens abstrait vers l'ensemble F. On voit de suite que ce résultat n'est autre chose qu'une extension du théorème II, extension obtenue par un passage à la limite.

5. Les complexes C_k^m donnant un procédé d'approximation [3] de l'ensemble F, on est conduit d'une façon toute naturelle à poser la définition suivante :

Le r-ième nombre de Betti ($0 \leqq r \leqq m$) *d'un ensemble fermé* F *de dimension m est égal au plus petit entier p vérifiant la condition suivante : quel que soit* $\varepsilon > 0$, *on peut décomposer* F *en un système* (ε, $m+1$) *de ses sous-ensembles fermés, tel que le nerf de ce système soit un complexe dont le nombre de Betti* [4] *correspondant est égal à p; si pour aucune valeur de p la condition ci-dessus ne se trouve vérifiée, le r-ième nombre de Betti de* F *a par définition une valeur infinie.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode de Darboux et les équations de Moutard.* Note de M. E. LAINÉ, présentée par M. Goursat.

J'appelle d'une façon précise *équation de* MOUTARD toute équation

$$(1) \qquad s = f(x, y, z, p, q)$$

dont l'intégrale générale peut se mettre sous la forme

$$z = F(x, y, X, X', X'', \ldots, X^{(m)}, Y, Y', Y'', \ldots, Y^{(n)}),$$

$X(x)$ et $Y(y)$ désignant des fonctions arbitraires. Les équations linéaires

---

(1) Voir le Mémoire de M. Baire (*Acta math.*, **32**, 1909, p. 105 et suiv.).

(2) Voir mon Mémoire, *Simpliziale Approximationen*, etc. (*Math. Ann.*, **96**, 1926, p. 489).

(3) D'ailleurs intimement liée avec les ε-déformations que j'ai introduites dans ma Note citée.

(4) Les nombres de Betti de diverses espèces se trouvent définis pour un complexe quelconque dans un récent Mémoire de M. Alexander (*Amer. Trans.*, **28**, 1926, p. 314-323).

intégrables par la méthode de Laplace sont donc des équations de Moutard.

Il résulte des recherches de M. Gau et de M. Gosse que toutes les équations (1) qui sont intégrables par la méthode de Darboux sans admettre d'intégrale intermédiaire du premier ordre se ramènent soit aux équations de M. Goursat (¹), soit aux équations de Moutard, par des transformations de contact ou des transformations de Bäcklund. Notons d'ailleurs que sur les onze types d'équations obtenus par M. Goursat il n'y en a que trois (les types VI, VII et VIII) pour lesquels on n'ait encore trouvé aucune transformation permettant de les ramener à des équations de Moutard.

L'équation

$$s = p\left[\frac{\sqrt{q}}{z-y} + \left(\frac{1}{z-y} + \frac{1}{z-x}\right)q\right], \tag{2}$$

que j'ai signalée dans diverses Notes comme possédant des propriétés particulières, peut elle-même se ramener, par une transformation de Bäcklund, aux équations de Moutard. En effet elle admet, pour le système (x) de caractéristiques, l'invariant du second ordre

$$\frac{r}{p} - \frac{p}{2}\left(\frac{1}{z-y} + \frac{3}{z-x}\right) + \frac{1}{z-x};$$

si l'on fait la transformation de Bäcklund définie par l'équation

$$p = (z-x)(z-y)e^{v},$$

on trouve sans difficulté

$$\frac{r}{p} - \frac{p}{2}\left(\frac{1}{z-y} + \frac{3}{z-x}\right) + \frac{1}{z-x} = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{1}{2}e^{v}(x-y).$$

La fonction inconnue v doit donc satisfaire à l'équation

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial y} - \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{x-y}{2}e^{v}\right) = 0;$$

c'est une équation de Moutard dont l'intégrale générale s'écrit

$$v = \operatorname{Log}\frac{2X''}{X - X'(x-y) + Y}.$$

On en déduit aisément les formules qui représentent sans signes de quadrature l'intégrale générale de l'équation (2), formules que j'ai fait connaître dans une Note précédente.

(¹) *Annales de Toulouse*, 2ᵉ série, 1, 1899, p. 31-78 et 439-464.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur la synchronisation à distance des pendules de précision sans l'intermédiaire d'aucun contact.* Note de M. **P. Lejay**, présentée par M. G. Ferrié.

L'Observatoire de Zi ka wei (Chang-Hai) possédant plusieurs excellentes pendules, construites par Fénon, il m'a paru intéressant de chercher à les comparer avec précision aux autres pendules de l'observatoire, et notamment aux deux pendules à pression constante qui assurent la conservation de l'heure.

Or une des pendules Fénon n'est pas munie de contact pour permettre l'enregistrement de chaque seconde, et le contact de l'autre pendule, perturbant légèrement la marche, n'est jamais utilisé. D'autre part l'enregistrement des variations de courant provoquées par un microphone posé sur la pendule est délicat. La forte amplification nécessaire oblige à utiliser un assez grand nombre de lampes à trois électrodes, et les enregistrements sont fréquemment troublés par des oscillations parasites spontanées, ou même par le courant alternatif du secteur d'éclairage agissant directement par induction sur les fils reliant le microphone aux amplificateurs.

J'ai cherché à résoudre le problème par une autre méthode qui paraît susceptible de plusieurs applications et, par là, d'intérêt général.

Un petit émetteur d'ondes courtes, de montage classique, genre hétérodyne, est disposé dans la caisse même de la pendule et rayonne constamment sur une longueur d'onde déterminée. Au condensateur du circuit oscillant qui fixe la longueur d'onde, est relié un fil d'une vingtaine de centimètres, disposé de telle sorte que le pendule en oscillant vienne passer à quelques millimètres de son extrémité libre. La variation de la capacité du fil par rapport au pendule au cours de l'oscillation de celui-ci provoque une variation de la longueur d'onde suffisante pour permettre l'enregistrement après réception par un poste radiotélégraphique ordinaire. Pratiquement, pour obtenir des enregistrements très aigus il est préférable que le fil n'approche pas de la masse du pendule. Le pendule de nos horloges portant près de son extrémité inférieure une aiguille fine, servant ordinairement d'indicateur pour évaluer l'amplitude des oscillations, c'est cette aiguille que nous avons utilisée et qui, en passant devant le fil, provoque la variation de capacité voulue.

L'aiguille ne met guère plus de deux centièmes de seconde à passer

devant le fil; on obtient ainsi sur les bandes noircies au noir de fumée des enregistreurs du genre Boulitte, de petites encoches très pointues, dont l'épaisseur à la base correspond à environ deux centièmes de seconde, et parfaitement symétriques. La pointe de cette encoche correspond exactement au passage de la pointe de l'aiguille devant le milieu du fil, c'est-à-dire à une position déterminée du pendule, aussi voisine qu'on le veut de la verticale, position qui peut être prise comme origine des secondes.

L'appareil d'émission, que nous avons réglé sur 60^{m} de longueur d'onde, est peu encombrant; celui que nous avons construit ne mesure que 10^{cm} de côté, et pourrait être encore beaucoup réduit; le pendule lui-même n'a subi aucune modification et son oscillation ne peut être en aucune façon troublée par le dispositif d'émission; la réception à l'oreille pour les comparaisons par coïncidentes ne demande qu'une lampe; l'enregistrement direct, sur noir de fumée par oscillographe, sans relais, ne demande qu'un amplificateur de trois ou quatre étages, de type courant que possèdent nécessairement les observatoires munis de dispositifs d'enregistrement pour les signaux horaires ordinaires sur ondes courtes.

Le procédé semble donc pouvoir être appliqué simplement dans ces observatoires, et l'on peut envisager la possibilité de supprimer complètement les contacts dans les pendules de précision.

J'ai utilisé les variations de courant provoquées à la réception pour synchroniser à distance soit une pendulette battant la demi-seconde, soit un pendule battant la seconde; ces expériences ne présentent aucune difficulté; faisons remarquer cependant que seul l'isochronisme est réalisé directement, et que pour obtenir la synchronisation un réglage du pendule récepteur est nécessaire; il est d'ailleurs facile puisqu'on peut suivre à l'écouté le pendule transmetteur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs spécifiques d'une phase non condensée suffisamment refroidie.* Note [1] de M. **Nicolas de Kolossowsky**. (Extrait.)

Il me semble qu'il était parfaitement inutile d'ériger autant d'hypothèses que le fait M. Perrakis [2] pour arriver à ce résultat que la chaleur spécifique d'un gaz monoatomique à volume constant est égale à $\frac{3}{2}\,R\,\frac{\text{cal}}{\text{deg}}$. La

---

[1] Séance du 31 janvier 1927.

[2] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 28.

théorie cinétique le démontre plus rigoureusement. D'ailleurs le passage de tous les gaz aux basses températures à un état, comparable à celui des gaz monoatomiques est, pour ainsi dire, postulé par la théorie de la dégénérescence des gaz et cette dernière est contenue implicitement dans les considérations de M. Perrakis, car l'égalité $f(T) = \varphi(T_s)$ qu'il écrit équivaut à l'expression

$$\frac{L}{T} = S_2 - S_1 = 10,1 \log T_s$$

qui, extrapolée jusqu'au zéro absolu, conduit à toutes les conséquences de cette théorie [1]. (Ici S_1 et S_2 représentent les entropies des deux phases et T_s possède toujours une valeur finie > 1.)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode graphique de calcul du rendement énergétique des réactions homogènes.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Pierre Montagne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré récemment que l'on peut déterminer expérimentalement le rendement chimique de l'étincelle électrique sous pression réduite. L'énergie développée par l'étincelle éclatant dans un milieu homogène n'est pas uniquement consacrée à la production de réactions chimiques. Une partie de cette énergie est diffusée sous forme de chaleur; une autre partie n'est pas utilisée par le milieu ambiant et se perd dans l'espace environnant le tube sous forme de radiations de différentes natures.

Si toute l'énergie sans aucune perte était absorbée par le gaz, le phénomène se traduirait par un échauffement, un travail mécanique et un travail chimique. En opérant à volume constant on annule le travail mécanique; aussi est-on amené dans ce genre d'études à faire le bilan énergétique d'une réaction homogène dans laquelle toute l'énergie fournie est employée à chauffer le gaz et à le dissocier. Conduire ainsi le calcul, revient à supposer que l'étincelle électrique agit uniquement par échauffement du gaz et que la dissociation qui en résulte est d'origine thermique. Ce n'est peut-être pas exact, mais il est utile de pouvoir comparer les rendements obtenus par l'expérience avec ceux qui sont calculables dans l'hypothèse d'une action purement thermique de l'étincelle.

---

(1) Voir, par exemple, K. Bennewitz, *Zeitschr. f. physik. Chemie,* 110 (Nernst-Jubelband), 1924, p. 725.

Un tel calcul fondé sur les formules algébriques de la dissociation est inextricable; aussi avons-nous traité graphiquement ce problème. Tout d'abord, en tenant compte des plus récentes déterminations de chaleur spécifiques et de dissociation, nous avons établi suivant la méthode de M. d'Ocagne un nomogramme à points alignés qui donne en fonction de la pression et de la température le taux de dissociation du gaz carbonique. Ce nomogramme nous a permis de calculer le rendement en énergie chimique obtenu en fournissant à une quantité connue de gaz carbonique un nombre déterminé de calories.

Il suffit pour cela de tracer en fonction de la température la courbe A qui représente la somme des quantités de chaleur dues : 1° à l'échauffement du gaz; 2° à la réaction chimique. Le système ayant atteint une température donnée T (à pression constante) les calories fournies ont été employées : 1° à échauffer un mélange de gaz carbonique et de ses produits de dissociation présents à un taux x dépendant de la température T et calculable au moyen de l'abaque précédent; 2° à apporter au gaz carbonique la chaleur nécessaire pour le dissocier au taux x, chaleur qui se déduit de la chaleur de formation en multipliant cette dernière par x. La courbe A représente en fonction de la température la somme de ces deux fonctions. En considérant différentes valeurs de la pression on obtient un faisceau de courbes A.

Grâce au diagramme ainsi obtenu, on peut déterminer immédiatement la température à laquelle s'élève une molécule d'acide carbonique accompagnée de ses produits de dissociation lorsqu'on lui fournit adiabatiquement une quantité de chaleur donnée.

Grâce à ce calcul préliminaire, nous avons pu construire les courbes B du rendement chimique en fonction de la température en portant en ordonnées le rapport entre la chaleur totale fournie et la chaleur uniquement employée à la dissociation.

L'examen de ces courbes nous a permis de formuler les conclusions suivantes :

1° A température constante, le rendement décroît lorsque la pression du gaz croît.

2° Le rendement pour une pression donnée passe par un maximum qui se déplace vers les hautes températures pour des pressions croissantes ainsi que le montrent les résultats suivants, qui donnent pour diverses pressions les coordonnées du maximum :

Pressions en mm de Hg.	T absolue.	Fraction dissociée.	Valeur du rendement chimique.
0,1..........	2550	91,7	0,75
1............	2750	90,5	0,72
10............	2950	86,8	0,70
100............	3300	86,5	0,66
1000............	3800	88,2	0,63

3° Le rendement tend à devenir indépendant de la pression aux températures supérieures à 3500° absolus.

Nous publierons dans un autre Recueil le détail des courbes et nomogrammes qui nous ont permis d'obtenir ces résultats.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence de quelques corps organiques sur la vitesse d'absorption du gaz carbonique par les solutions de carbonate neutre de sodium.* Note (1) de MM. **Paul Riou** et **Paul Cartier**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans nos recherches sur l'étude des vitesses de réaction en milieu hétérogène (2), nous avons constaté que les théories de Nernst ne correspondaient pas aux résultats de l'expérience.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de préciser les relations qui lient les phénomènes d'absorption à la viscosité. Nous avons choisi des solutions absorbantes dont on peut augmenter artificiellement la viscosité par des corps organiques ne participant pas à la réaction. Nous avons pris une solution de $9{,}3 \times 10^{-2}$ molécule-gramme de carbonate neutre de sodium dans 100^{cm^3} d'eau, à laquelle nous avons ajouté des quantités variables de glycérine, de glucose et de saccharose.

Nous avons mesuré la vitesse d'absorption au moyen de la burette de Bunte étalonnée avec un nouvel appareil pour la mesure des vitesses de réaction. Les viscosités ont été mesurées avec le viscosimètre de Grobert et Demichel.

Dans les tableaux qui suivent, les vitesses sont exprimées en centimètres cubes de gaz absorbés en une seconde par centimètre carré de surface absorbante et sont multipliées par 10^4.

---

(1) Séance du 24 janvier 1927.

(2) Paul Riou, *Thèse*, Picart, 1923.

Les concentrations sont données en molécules-grammes multipliées par 10^{-2}, dans 100^g d'eau. Les expériences ont été faites à 20° C.

Concentrations en glycérine.	Vitesses.	Viscosités.	Concentrations en dextrose.	Vitesses.	Viscosités.
0,0	43,4	0,01222	0,0	43,4	0,01222
5,4	56,3	0,01304	2,8	80,0	0,01362
10,9	58,3	0,01477	5,6	91,8	0,01493
16,3	57,6	0,01768	8,3	86,8	0,01723
21,8	56,5	0,01899	11,1	80,2	0,02086
32,6	52,0	0,02611	16,7	54,0	0,03016
43,5	48,8	0,03823	22,2	42,3	0,04049

Concentrations en saccharose.	Vitesses.	Viscosités.
0,0	43,4	0,01222
1,5	84,5	0,01344
2,9	92,0	0,01531
4,4	97,0	0,01718
5,8	89,0	0,02086
8,8	62,2	0,04196
11,7	47,2	0,05594

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence de deux zones d'instabilité dans la floculation des sols d'hydrate ferrique par les électrolytes à anions polyvalents.* Note de M. A. **Boutaric** et Mlle M. **Dupin**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. L'un de nous ([1]) a signalé l'existence de deux zones d'instabilité dans la floculation des suspensions de résine-mastic et de gomme-gutte, dont les granules sont chargés négativement, par les sels à cations polyvalents.

Nous avons retrouvé un phénomène analogue dans la floculation des sols d'hydrate ferrique, dont les granules sont chargés positivement, par les sels à anions polyvalents.

Les résultats les plus nets ont été obtenus dans la floculation par le phosphate de soude, l'arséniate de soude, le ferrocyanure de potassium, le citrate de soude.

2. Mélangeons un certain volume d'un sol d'hydrate ferrique à un

([1]) A. Boutaric et Mlle G. Perreau, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 205.

volume égal d'une solution titrée de phosphate de soude et déterminons la durée de floculation. Cette durée varie avec la concentration en phosphate de soude réalisée dans le mélange. En opérant avec des concentrations progressivement croissantes, on est amené à reconnaître l'existence de deux zones de floculation. Pour un sol d'hydrate ferrique à $1^g,60$ par litre, l'une de ces zones était constituée par les concentrations comprises entre

$$a = 207.10^{-6}\,N \quad \text{et} \quad b = 530.10^{-6}\,N,$$

l'autre par les concentrations supérieures à $c = 22.10^{-3}\,N$. Aucune floculation ne se produisait, d'une part, pour les concentrations comprises entre $530.10^{-6}\,N$ et $22.10^{-3}\,N$ et, d'autre part, pour les concentrations inférieures à $207.10^{-6}\,N$.

Lorsqu'on étudie la floculation de sols de plus en plus concentrés, on constate que les limites a et b augmentent et que la limite c diminue très légèrement.

A partir d'un même sol initial A, nous avons préparé : 1° un sol B_0 obtenu en dédoublant avec de l'eau le sol A ; 2° des sols B_1, B_2, B_3, obtenus en ajoutant à 100^{cm^3} du sol A, 100^{cm^3} d'une solution électrolytique contenant des quantités q_1, q_2, q_3, de divers électrolytes.

Nous n'avons trouvé aucune influence appréciable de H^2SO^4 et KOH sur les limites des zones de floculation.

La présence de faibles quantités de Fe^2Cl^6 se traduit par un accroissement des limites a, b et c ; l'intervalle $\frac{c-b}{b}$ demeure à peu près invariable, tandis que l'intervalle $\frac{b-a}{a}$ diminue.

Nous avons étudié également l'influence qu'exerce l'introduction dans le sol de quantités croissantes de colloïdes dits stables : amidon, dextrine, albumine, gélatine. Pour tous les colloïdes utilisés, la limite c augmente et la limite b diminue. Suivant la nature du colloïde, a peut varier dans un sens ou dans l'autre ou demeurer sensiblement constant.

Dans tous les cas, l'intervalle $\frac{c-b}{b}$ croît et l'intervalle $\frac{b-a}{a}$ diminue. Pour les teneurs en colloïde suffisamment grandes, la zone de floculation comprise entre a et b finit par disparaître ; le sol ne possède plus qu'une seule zone de floculation formée par les concentrations supérieures à c.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un procédé général de préparation des colloïdes métalliques.* Note de M. **Eugène Fouard**, présentée par M. Léon Guillet.

On sait que la technique de préparation des colloïdes ne dispose actuellement que d'un seul procédé physique, celui de Bredig, qui soit applicable à un ensemble assez délimité de quelques métaux inoxydables.

La méthode suivante conduit à la formation électrique de nombreux hydrosols métalliques; elle repose sur une première observation que j'ai faite au début de ces recherches : si, dans la solution aqueuse étendue d'un colloïde organique (albumine, amidon, gélatine), complètement purifiée de tous les sels minéraux qui lui sont naturellement associés, on dissout un sel du métal à transformer, et si, dans ce milieu, on plonge deux électrodes insolubles, on voit se former, au contact de la cathode, sous l'influence d'un courant de quelques milliampères, avec une tension très légèrement supérieure à la tension de polarisation, un nuage de teinte caractéristique du métal, se dispersant dans le liquide. Il est probable que les ions métalliques, en arrivant sur la cathode, y rencontrent les micelles du colloïde organique chargées négativement et en voie d'expulsion; de ces rencontres résulterait une décharge électrique répartissant le dépôt métallique, non seulement sur la cathode, mais aussi sur chaque micelle organique; l'ensemble constituerait un complexe organo-métallique dans lequel le métal serait fixé sous une forme tenant à la fois de l'état moléculaire et de l'état colloïdal.

En fait cette production ne s'accomplit selon le schéma décrit que si le métal du sel dissous est de ceux qui prennent communément la structure colloïdale; d'ailleurs le produit obtenu est instable et le rendement minime, la plus grande partie des ions se déposant simplement sur la cathode.

Mais j'ai pu donner à ce principe une perfection et une extension dans ses applications, en poursuivant le double but suivant :

1° Réaliser avec la plus grande précision l'élimination complète de tous les produits de la réaction électrolytique étrangers au métal en séparant le milieu anodique du milieu cathodique : pour cela, on plonge l'anode de platine dans une cellule-membrane de collodion devenue semi-perméable par une précipitation interne de ferrocyanure de cuivre; si, dans ce dispositif, pendant la durée de la transformation, on renouvelle plusieurs fois le liquide intercellulaire, les anions qui s'y accumulent sont progressivement rejetés de la préparation jusqu'à leur totale disparition.

2° Réduire au minimum possible la vitesse de formation, c'est-à-dire la fréquence des rencontres qui s'effectuent sur la cathode entre les cations et les micelles fixatrices; cette condition est satisfaite par l'emploi d'une cathode constituée d'un élément faiblement conducteur, carbone, silicium, sélénium, ou arsenic.

On aboutit ainsi, par cette méthode unique, à des colloïdes contenant le métal dans un état de pureté maximum, puisque, dans la zone de production, en dehors de la présence constante des ions hydrogène, tout électrolyte étranger se trouve éliminé par le courant. Indépendamment des éléments tels que le soufre, le sélénium, les métaux de la série du platine, l'or, l'argent, colloïdifiés toujours en mélange avec des produits de réactions, selon les procédés connus, et que j'ai préparés chimiquement purs, j'ai obtenu, sous cette même forme, l'arsenic, l'iode, le tellure, le mercure, le plomb, le bismuth, le cuivre, l'antimoine, dont l'existence est en réalité inconnue jusqu'ici en tant que métaux colloïdaux purs, à une concentration de l'ordre de quelques milligrammes par centimètre cube; en outre, quelques essais entrepris ont montré que le procédé était aussi applicable à des groupements organiques ionisables, en solution aqueuse, par exemple, les alcaloïdes.

L'examen ultramicroscopique de ces hydrosols ne révèle que quelques particules résolubles, provenant plutôt du dépôt cathodique que de la fixation micellaire, car elles sont rares, et on peut les séparer par une centrifugation, sans que soit modifié l'aspect macroscopique du colloïde.

Chaque métal présente à la lumière diffuse un dichroïsme particulier, quand on examine les rayons qui le traversent en couche mince, ou ceux réfléchis par sa surface.

Ces colloïdes, formés au cours d'une décharge électrique des micelles organiques, subissent spontanément une gélification, réversible sous l'influence de la chaleur, à la manière d'une gelée de gélatine; aussi l'accroissement progressif de leur viscosité, conditionné par la température du milieu, leur assure une grande stabilité.

On remarque que, pour les métaux et métalloïdes colloïdaux réalisés par cette méthode, les valeurs de la chaleur d'ionisation et de la tension de dissolution électrolytique sont minimes et la différence de potentiel existant entre une lame de chacun d'eux et une solution saline immergeante du même élément est toujours négative : ces propriétés définissent, comme on le sait, l'aptitude dominante de leurs ions en solution aqueuse à reprendre la forme moléculaire, électriquement neutre.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouveau mode de dosage volumétrique du molybdène.* Note de M. G. Denigès, présentée par M. Moureu.

En reprenant l'étude du composé phospho-molybdique bleu dont j'ai, antérieurement, signalé la formation [1], j'ai été amené à effectuer de fréquents dosages du molybdène par voie volumétrique.

Le procédé indiqué par F. Mauro et L. Danesi (application de la méthode iodométrique) ne peut être pratiqué avec les produits molybdiques *en solution*, il est, en outre, compliqué, peu sensible et peu sûr.

La méthode manganimétrique, employée par Pisani d'abord, par Werncke ensuite, puis par Van der Pfordten, après réduction, par le zinc et HCl ou H^2SO^4, du produit amené sous forme d'ion molybdique, a fourni des résultats divers à ces trois chimistes et correspondant à des différences de coefficient atteignant 6 pour 100 dans les cas les plus favorables.

Ces variations s'interprètent en partie par les observations judicieuses de M. M. Guichard tonchant l'influence de la teneur en acide du milieu sur le degré auquel s'arrête la réduction de l'acide molybdique par les métaux. Mais elles s'expliquent surtout par la très grande oxydabilité du produit formé, laquelle se manifeste avec plus ou moins d'intensité suivant la durée de manipulation, à l'air, du liquide de réduction avant son titrage par le caméléon.

L'aluminium en *feuilles très minces* (papier d'aluminium) tel qu'on l'utilise largement, aujourd'hui, pour l'enrobage de certains produits alimentaires (chocolat, par exemple), employé dans des conditions de technique que je vais préciser, m'a permis de résoudre la question ainsi que le prouvent les résultats suivants :

Molybdène mis en œuvre.	Permanganate N/10 employé.
mg	cm³
5	1,40
10	2,75
20	5,55
30	8,40
40	11,70

[1] G. Denigès, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 802.

Ces valeurs qui, dans la seconde colonne, varient presque aussi rigoureusement que dans la première selon les chiffres 1, 2, 4, 6, 8, correspondent à un coefficient de $3^{mg},597$ par centimètre cube de permanganate, se confondant avec le nombre 3,60 que fournirait un produit de réduction de formule $M^3O^5 = M^2O^3\,MO^2$ et qui, vu sa permanence lorsqu'on fait varier de 5 à 20 pour 100, en volume, la dose de SO^4H^2 et du simple au double celle de Al, ne paraît pas absolument fortuit et semble bien correspondre à un certain stade d'arrêt dans la réduction.

Technique. — Dans un matras, d'une contenance de 400 à 500^{cm^3}, introduire le produit molybdique, amené à l'état d'ion MoO^4 (5 à 40^{mg} de Mo métal) réparti dans un volume de 40^{cm^3} d'eau plus 4^{cm^3} de SO^4H^2 et y projeter $0^g,10$ de feuille d'aluminium.

Munir le matras d'un réfrigérant à reflux et porter rapidement son contenu à l'ébullition qu'on maintiendra douce mais continue pendant 1 heure et demie, exactement. Au bout de ce temps, l'aluminium doit avoir complètement disparu si l'on emploie, comme il convient, des feuilles de poids compris entre $0^g,25$ et $0^g,30$ pour 100^{cm^2} de surface. Ce point atteint, enlever le feu, séparer le matras du réfrigérant et verser *aussitôt*, dans son contenu, en agitant, du caméléon $\frac{N}{10}$. Le liquide à titrer, dont la teinte varie du jaune brunâtre au brun rougeâtre, suivant la quantité de molybdène, s'éclaircit d'abord puis se décolore complètement. A partir de ce point, on procède par gouttes jusqu'à obtention d'une teinte rosée persistante.

La quantité x de molybdène métal, contenue dans la prise d'essai, est donnée par la relation $x = (n - c) \times 3^{mg},6$ dans laquelle n représente le volume de permanganate employé et c une valeur corrective obtenue une fois pour toutes, pour un aluminium donné, en faisant une opération identique à la précédente mais sans ion molybdique et titrant, au caméléon, le pouvoir réducteur du liquide (traces de Fe'' apportées par Al). Cette valeur est généralement voisine de $0^{cm^3},2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de transformation des bases tertiaires hétérocycliques en bases secondaires désalcoylées.* Note (1) de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

La préparation des bases *nor* à partir des bases tertiaires N-alcoylées est souvent d'une réalisation difficile. Plusieurs méthodes ont été préconisées : distillation sèche du chlorhydrate de la base tertiaire, action sur cette dernière de HI bouillant, oxydation parmanganique ménagée, action de BrCN,

(1) Séance du 31 janvier 1927.

de ClOH ou de l'azodicarbonate d'éthyle. Ces procédés sont loin d'être d'une application générale, et les rendements en base secondaire sont le plus souvent défectueux.

La méthode que nous décrivons ici nous paraît pouvoir se substituer souvent avec avantage aux précédentes, car, assez générale et d'une technique relativement facile, elle assure d'excellents rendements lorsque le noyau n'est pas particulièrement oxydable.

Elle consiste à traiter le N-oxyde de la base cyclique tertiaire par un anhydride d'acide organique, et à saponifier le dérivé N-acylé obtenu. Nous nous sommes tout d'abord attachés à l'étude de la N-déméthylation. Dans ce cas le groupement CH^3 est oxydé en formol par l'O oxydique et le radical acyle se fixe à l'azote; par simple saponification, on obtient enfin la base *nor* correspondante

$$\boxed{\;}\!N-CH^3 \xrightarrow{H^2O^2} \boxed{\;}\!N\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow CH^3\end{smallmatrix} \xrightarrow{(RCO)^2O} \boxed{\;}\!NCOR + RCOOH + HCHO \rightarrow \boxed{\;}\!NH + RCOOH.$$

Nos premières expériences ont porté sur les bases du groupe du tropane et de son homologue le granatane. Le mode opératoire est le suivant : l'aminoxyde est traité pendant quelques heures au bain-marie par deux ou trois fois son poids d'anhydride (de préférence acétique ou benzoïque). On détruit ensuite l'excès d'anhydride par addition d'alcool ou d'eau, on chasse les solvants, on alcalinise le résidu par CO^3Na^2, on extrait à plusieurs reprises à l'éther, on débarrasse ce dernier des traces de corps basiques par agitation avec un peu d'acide très dilué; on sèche et l'on distille

Lorsque la base tertiaire dont on part ne contient aucun groupement susceptible de réagir avec l'anhydride (N-oxyde de tropidine et d'apoatropine), l'aminoxyde fournit directement le N-acyle de la base *nor*. Lorsque, au contraire, elle contient une fonction alcoolique ou phénolique, on obtient d'emblée un dérivé diacylé à l'oxygène et à l'azote. En variant les conditions d'hydrolyse nous avons pu réaliser une saponification graduelle de ces dérivés, en enlevant d'abord par HCl au $\frac{1}{3}$, à froid, l'O-acétyl, puis par KOH alcoolique diluée le radical acide (acide tropique et atropique) et, enfin, par une ébullition prolongée avec H^2SO^4 au $\frac{1}{5}$, le N-acétyl, le plus solidement fixé.

Nous nous bornerons à énumérer ici brièvement quelques nouveaux dérivés obtenus au cours de cette étude préliminaire.

En partant du N-*oxyde de tropidine*, nous avons obtenu le N-*acétylnortropidine*

$C^7H^{10}NCOCH^3$, huile neutre soluble dans l'eau et par saponification la *nortropidine*.

L'*oxyde de tropanol* nous a fourni le O-*acétyl*-N-*acétylnortropanol*

$$C^7H^{11}(OCOCH^3)NCOCH^3,$$

qui par saponification partielle donne le N-*acétylnortropanol* $C^7H^{11}(OH)NCOCH^3$ (F. 124°), chlorhydrate (F. 162°) et le *nortropanol* $C^7H^{11}(OH)NH$.

En employant au lieu de $(CH^3CO)^2O$ l'anhydride benzoïque, on est conduit au N-*benzoylnortropanol* (F. 125°).

L'*oxyde d'apoatropine* donne le N-*acétylnorapoatropine* $C^7H^{11}OCOC^8H^7N\text{-}COCH^3$ (F. 114°), chlorhydrate (F. 140°). Par saponifications successives on obtient le même N-*acétylnortropanol* et le même *nertropanol* que précédemment.

En partant de l'*oxyde d'hyoscyamine* on a successivement la O-*acétyl*-N-*acétylnorhyoscyamine* $C^7H^{11}OCOC^8H^8(OCOCH^3)$, $NCOCH^3$ soluble dans la benzine ($a_D = -30°$), la N-*acétylnorhyoscyamine* $C^7H^{11}OCOC^8CH^8$, $NCOCH^3$ (F. 158°, $a_D = -15°$), le N-*acétylnortropanol* et enfin le *nortropanol*. L'*oxyde d'atropine* fournit, le pouvoir rotatoire en moins, les mêmes dérivés que l'oxyde d'hyoscyamine.

L'*oxyde de scopolamine* nous a conduit de même à l'O-*acétyl*-N-*acétylnorscopolamine*, et par saponification à la N-*acétylnorscopolamine*, cristaux F. 130°, $a_D = -27°$, chlorhydrate F. 205°, et enfin à la N-*acétylnorscopoline*, que H^2SO^4 au $\frac{1}{5}$ transforme en *norscopoline*.

L'*oxyde de méthylgranatoline* [non encore décrit (F. 218°)] donne également un dérivé *diacétylé* (F. 80°) qui, par saponification, conduit à la N-*acétylgranatoline* (F. 120°), et à la *granatoline*.

Nous avons étendu cette étude à un certain nombre d'autres bases (méthylgranatonine, tropinone, alcoylpipéridines, alcaloïdes du groupe de la morphine, de l'ésérine et de la nicotine, etc.) sur lesquelles nous reviendrons prochainement.

CHIMIE ORGANIQUE, — *Sur une cobaltiboroammine.*

Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Georges Urbain.

Aucune ammine renfermant du bore dissimulé dans l'ion complexe n'était connue jusqu'ici. La méthode suivante fournit un non-électrolyte se formulant

$$[Co.BO^3.(NH^3)^3].$$

18g d'acétate de cobalt, 10g d'acide borique cristallisé et 8g d'acétate d'ammonium sont dissous dans 200cm³ d'eau. Un courant d'air violent passe pendant 5 heures dans la liqueur violette. 20cm³ d'ammoniaque à 22° Baumé

(1) Séance du 31 janvier 1927.

donnent alors un précipiré violet brun. Celui-ci est lavé avec l'alcool et l'éther, puis repris par l'eau qui dissout l'acétate de cobalt en excès. Après séchage, le complexe apparaît sous forme d'une poudre violette insoluble dans l'eau. Pour l'analyser, il est nécessaire de l'attaquer à chaud par l'acide nitrique. Le cobalt est dosé par électrolyse, et le bore, par saponification du borate d'éthyle. L'ammoniac est chassé du sel solide par l'hypobromite et évalué sous forme d'azote.

	Trouvé.	Calculé pour $Co.BO^3.(NH^3)^3$.
Co	34,80	34,91
B	6,53	6,50
$3NH^3$	29,64	30,18

Le corps est la *cobaltiborotriammine*. Sa conductibilité moléculaire est plus faible que celle de la cobaltinitrotriammine. Ce fait était à prévoir puisque l'acide nitreux est plus fort que l'acide borique.

La borotriammine est une des ammines les plus stables. Chauffée sur le mercure elle abandonne l'ammoniac à 120°, donne des oxydes de cobalt et du *borate cobalteux*, violet. C'est un nouveau mode de formation de ce corps.

Si l'ion BO^3 *conserve sa trivalence lorsqu'il est dissimulé, le composé décrit ci-dessus est le seul dérivé strictement ammoniacal qui puisse renfermer* BO^3 *dissimulé dans un ion complexe hexacoordonné et monométallique*. L'expérience n'a pas permis d'en isoler d'autres.

Dans l'espace, le complexe trouvé peut se représenter en imaginant que BO^3 occupe une face de l'octaèdre.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur une nouvelle transposition parmi les acides naphtylamines sulfoniques*. Note de MM. **A. Wahl** et **G. Vermeylen**, présentée par M. C. Matignon.

La migration du groupe sulfonique dans les dérivés de la naphtaline a été fréquemment observée chez les acides mono ou polysulfoniques du carbone, des naphtols et des naphtylamines. Ces réactions ont été, d'ailleurs, minutieusement étudiées par suite du grand intérêt qu'elles présentent dans la fabrication des dérivées de la naphtaline, qui constituent les produits intermédiaires les plus importants dans l'industrie des matières colorantes. Il paraissait donc assez improbable qu'on pût encore trouver de l'inédit dans un domaine aussi complètement fouillé.

Or nous avons observé un nouveau cas d'isomérisation qui, à notre connaissance, n'a pas encore été signalé jusqu'ici.

Quand on agite un mélange d'acide naphtylamine sulfonique 1.8 (acide péri) avec 5 à 6 fois son poids d'acide sulfurique concentré ordinaire pendant une vingtaine d'heures à 75-80°, on obtient, en versant sur la glace un précipité dense qu'on peut essorer après un repos de 10 à 12 heures. Il semble à première vue qu'on ait régénéré intégralement l'acide primitif car, comme lui, le produit est très peu soluble, et il en est de même de son dérivé diazoïque. Mais vient-on à chauffer ce diazoïque dans l'eau bouillante, il donne une solution limpide tandis que celui de l'acide 1.8 se transforme quantitativement en naphto-sulfone, insoluble et cristallisée.

D'autre part les sels de sodium des deux acides présentent entre eux une différence de solubilité dans l'eau qui ne permet pas de les confondre. Enfin la copulation avec le *p*-nitrodiazobenzène, en milieu acétique étendu, fournit avec l'acide 1.8 un colorant violet totalement insoluble, ce qui n'est pas le cas de l'acide régénéré. L'analyse de l'acide et son sel sodique séchés a donné des chiffres qui concordent avec ceux d'un dérivé monosulfoné.

	S.		N.		Na.	
	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.	Trouvé.	Calculé.
Acide libre......	14,73	14,36	6,40	6,28	–	–
Sel de Na.......	–	–	–		9,28	9,40

Il en résulte que l'acide naphtylamine sulfonique 1.8 a subi, dans les conditions indiquées, une isomérisation due évidemment à la migration du groupe sulfonique.

Restait à déterminer la nouvelle position de ce dernier. Bien que tous les acides sulfoniques de l'α-naphtylamine soient connus, leur description n'est pas toujours suffisante pour permettre une identification. Nous avons donc dû transformer notre acide en dérivés immédiats caractéristiques et en premier lieu, suivant la méthode classique, en dichloronaphtaline correspondante. Pour cela, le dérivé diazoïque séché est chauffé avec un mélange de $PCl^5 + POCl^3$ vers 140° et le produit distillé dans le vide; après les chlorures de phosphore il passe la dichloronaphtaline. Celle-ci cristallisée plusieurs fois dans l'acide acétique forme des aiguilles, F. 66°,5, ce qui correspond à la dichloro-1.4-naphtaline dont le point de fusion indiqué varie de 67 à 68°. On a donc affaire à l'acide 1.4 ou acide naphtionique. Mais comme lors du traitement si brutal avec PCl^5 il aurait pu se produire des transpositions qui entacheraient d'erreur la conclusion précédente, nous

avons voulu apporter d'autres preuves. On sait que le naphtionate de soude possède une forme cristalline typique et qu'il renferme $4H^2O$. Le sel sodique de notre acide cristallise tantôt en feuillets, tantôt en tablettes rhombiques, ce qui a déjà été observé par Witt (¹). Les tablettes ont été soumises à M. Ch. Mauguin qui en a mesuré les angles; il a conclu à leur identité parfaite avec le naphtionate de soude. D'autre part le dosage de l'eau de cristallisation nous a donné H^2O pour 100, 22,5; théorie pour $4H^2O$, 22,7 pour 100.

La constitution de notre acide est encore démontrée par la transformation de son dérivé diazoïque en dinitronaphtol-1.2.4 fondant à 137°, et finalement par la transformation successive de l'acide aminé primitif en acide naphtoquinone-1.2-sulfonique-4 dont la réaction avec l'aniline fournit l'oxy-2-phénylimino-4-naphtoquinone-1.4.

Enfin les colorants azoïques dérivés de notre acide sont identiques avec ceux de l'acide naphtionique.

Quant au mécanisme de la transposition il doit résider dans une série d'hydrolyses et de resulfonations successives comme dans les cas examinés par Erdmann (²).

L'α-naphtylamine se sulfonant surtout en position 4, on s'explique que l'hydrolyse de l'acide 1.8 suivie d'une resulfonation puisse conduire à sa transformation intégrale en acide naphtionique que nous avons observée. Toutefois la condition nécessaire c'est que l'acide 1.8 s'hydrolyse plus facilement que l'acide 1.4, or nous avons vérifié qu'il en est bien ainsi.

Remarquons en terminant que cette isomérisation est intéressante au point de vue purement scientifique; au point de vue industriel ce serait la transformation inverse qui présenterait de l'intérêt.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les déviations périodiques de la verticale à Paris.* Note de M. L. **Eblé**, présentée par M. Brillouin.

Les pendules horizontaux, qui nous ont servi à étudier les déviations périodiques de la verticale dans les caves de l'Observatoire de Paris de 1912 à 1917, ont été remis en service en novembre 1920 et ont fonctionné jusqu'en janvier 1924; deux lacunes, au début de 1921 et dans le cours de 1922, causées par la nécessité de réparer l'enregistreur, ont réduit à 31 mois la durée réelle des observations.

(¹) Witt, *Ber.*, **19**, 1886, p. 55.

(²) Erdmann, *Ann. Chem.*, **275**, 1893, p. 192.

Les conditions d'installation de l'appareil et la manière d'effectuer les calculs de réduction des mesures ont été exposées précédemment [1]; rien n'y a été modifié, mais l'appareil a été complètement démonté, nettoyé et remis en place et ses constantes déterminées à nouveau. Cette série est donc complètement indépendante de la première.

Les déviations dues à l'action solaire et à l'action lunaire au cours d'une journée sont bien représentées par les développements en série suivants, qui résultent des moyennes horaires générales.

Attraction solaire :

Composante Nord : $0'',0034 \cos(t - 116^\circ) + 0'',0009 \cos(2t - 25^\circ)$;
Composante Est : $0'',0008 \cos(t - 193^\circ) + 0'',0033 \cos(2t - 128^\circ)$.

Attraction lunaire :

Composante Nord : $0'',0003 \cos(t - 205^\circ) + 0'',0046 \cos(2t - 49^\circ)$;
Composante Est : $0'',0001 \cos(t - 231^\circ) + 0'',0097 \cos(2t - 106^\circ)$.

Les termes supérieurs sont négligeables; t représente le temps compté en degrés à raison de 360° par jour solaire ou lunaire.

La première série d'observations, étendue à 49 mois, conduisait aux développements analogues.

Attraction solaire :

Composante Nord : $0'',0023 \cos(t - 105^\circ) + 0'',0013 \cos(2t - 356^\circ)$;
Composante Est : $0'',0012 \cos(t - 17^\circ) + 0'',0033 \cos(2t - 120^\circ)$.

Attraction lunaire :

Composante Nord : $0'',0002 \cos(t - 179^\circ) + 0'',0052 \cos(2t - 53^\circ)$;
Composante Est : $0'',0004 \cos(t - 155^\circ) + 0'',0101 \cos(2t - 109^\circ)$.

Les termes qui sont dus aux actions attractives du Soleil et de la Lune sont les termes semi-diurnes; encore ceux qui correspondent à l'attraction solaire sont-ils mal dégagés d'un effet solaire thermique. Mais les termes lunaires semi-diurnes sont bien établis et peuvent être rapprochés des déviations que produirait l'attraction de la Lune sur la direction de la verticale à Paris si le globe terrestre possédait une rigidité absolue.

Attraction lunaire théorique :

Composante Nord : $0'',0081 \cos 2t$;
Composante Est : $0'',0108 \sin 2t$.

---

[1] *Comptes rendus*, **162**, 1916, p. 880, et *Annales du Bureau Central météorologique de France pour* 1913, I, 1919, p. 215.

Ainsi, dans la deuxième série, les amplitudes et les phases sont de même ordre que dans la première et s'écartent à peu près des mêmes quantités par rapport aux amplitudes et aux phases théoriques; les résultats de cette nouvelle série confirment donc ceux de la première et ils permettent de maintenir l'explication que nous avons adoptée pour deux particularités remarquables : d'abord la différence entre les réductions suivant les deux directions principales, 0,62 (composante Nord) et 0,91 (composante Est), d'autre part la très forte valeur de celle qui se rapporte à la composante Est, valeur qui imposerait à la croûte terrestre dans ce sens une rigidité inadmissible. L'effet des marées de l'Océan, agissant à la fois par l'attraction des masses d'eau et par la flexion des rivages sous leur poids, s'ajoute à l'attraction directe des astres sur le pendule, avec des différences de phase que nous ne savons pas calculer.

Cependant les écarts relevés entre les deux séries pour les amplitudes et les phases, pour ces dernières surtout, nous paraissent un peu plus forts que ne le comportent les erreurs d'observation.

CHIMIE AGRICOLE. — *Mesure de l'acidité ionimétrique par inversion du saccharose. Application aux milieux complexes : Sols.* Note de M. **V. Vincent**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

La mesure de l'ionisation des milieux se pratique actuellement par différentes méthodes, qui toutes ont pour base la détermination de la conductibilité électrique de ces milieux.

Des méthodes chimiques ont été proposées, comme la mesure de l'inversion du saccharose; mais celle-ci ne convient qu'aux milieux acides.

Nos études préliminaires sur cette méthode nous ont montré :

1° Que, pour une quantité constante d'acide et dans un même laps de temps, la quantité de saccharose invertie est proportionnelle au poids du sucre employé (limites : 2 à 8 pour 100 de saccharose);

2° Que, pour une quantité constante de saccharose et dans un même laps de temps, l'inversion croît avec l'acidité, mais sans proportionnalité (limite supérieure : $0^g,300$ d'HCl pour 1000).

La détermination de l'ionisation des milieux acides doit donc se pratiquer avec des solutions dosant de préférence 10 pour 100 de saccharose et ne dépassant pas $0^g,300$ d'acidité titrimétrique, exprimée en HCl.

Pour des milieux de très faible acidité, de $pH = 6,20$, l'inversion est

complète en 30 minutes, au bain-marie bouillant, le flacon étant immergé.

En adoptant des solutions à 10 pour 100 de saccharose et 1 heure comme temps de chauffe, on peut dresser, en employant des doses croissantes et connues d'acide, une table où au glucose dosé correspondent le poids de l'acide, la concentration en ions H et le pH.

Le graphique qui les résume, complété par interpolation pour les pH compris entre 4,60 et 7, présente deux portions courbes comme lors de la saturation progressive des acides par les bases.

La mesure du pH par cette méthode ne dépasse pas 2,32; elle est donc incomplète; elle est impraticable directement pour les pH de 4,60 à 7.

Cette méthode est inexacte pour l'étude des milieux complexes. Les tampons Sörensen aux phosphates monopotassique et disodique, mesurant des pH = 7,12 et 6,98, réduisent la liqueur de Fehling quoique pratiquement neutres; d'après le glucose dosé et la table indiquée, l'acidité ionimétrique des milieux a atteint 5,20 et 4,80 pH. Des tampons acides, de pH 6,20; 5,80, 5,58, ont donné 4,77, 4,73, 4,71.

Les constantes de dissociation des acides et des bases fortes, presque invariables aux températures élevées, sont variables pour les sels acides à acides faibles; ce sont ces variations qui ont été mesurées ici. Les milieux organiques se comportent de même dans des conditions analogues.

Les sols, à la fois organiques et minéraux, donnent des résultats identiques :

pH des sols :					
à l'état naturel	5,90	6,10	6,20	6,60	6,80
d'après le glucose dosé	3,86	4,60	3,89	4,64	4,68
d'après la solution sucrée froide	5,20	5,60	6,00	6,20	6,80

Les constantes de dissociation des sols apparaissent plus élevées parce qu'il y a eu formation de nouveaux ions H; on constate, en effet, que dans les solutions sucrées des sols revenues à la température de départ, 15 à 18°, le pH s'est accru, alors que, pour les tampons cités, il reprend sa valeur primitive.

En présence du carbonate de chaux précipité, l'ionisation des composés acides des sols est compensée totalement par la naissance d'ions OH.

Les calcaires naturels n'ont pas tous cette même valeur saturante et certains sols acides, contenant du calcaire, réduisent le saccharose. On a ainsi, par cette méthode très sensible, un moyen d'apprécier la valeur neutralisante des calcaires naturels.

L'inversion du saccharose par les sols ne permet donc pas de mesurer l'ionisation actuelle dans les milieux acides complexes; mais elle donne la grandeur de l'ionisation immédiate des acides en réserve sous l'action de la chaleur.

ZOOLOGIE. — *Sur les Hydracariens du genre* Megapus *dans les Alpes du Dauphiné*. Note de M. **C. Motas**, présentée par M. Ch. Gravier.

On sait que les Hydracariens du genre *Megapus* sont caractérisés par leur corps globuleux, leurs pattes antérieures robustes (*Megapus*) et crochues, dépourvues — ainsi que les autres — de soies natatoires, qui caractérisent les espèces limnophiles en général. Ce sont des Hydracariens rhéophiles sténothermiques et, de ce fait, ils sont parmi ceux qui atteignent les plus hautes altitudes. La répartition des espèces de ce genre présente donc, en pays de montagne, un intérêt biogéographique assez important.

On ne connaît actuellement en France que 7 espèces de *Megapus*, dont une seulement, *Megapus vaginalis* Kœn., a été signalée par C. Walter en Dauphiné. Nos recherches nous ont permis de recueillir en outre, dans les Alpes du Dauphiné, 5 espèces de *Megapus*, parmi lesquelles 2 espèces encore non signalées en France, 3 espèces nouvelles, ainsi qu'une nouvelle variété de *Megapus nodipalpis*.

Nous donnons ici brièvement leur répartition et leurs principales particularités.

Dans la plaine du Bas-Graisivaudan, au pied des massifs de la Grande-Chartreuse et du Vercors, à une altitude moyenne de 250^m, nous avons rencontré dans les sources surtout : *Megapus nodipalpis pennata* Vts, *M. nodipalpis fonticola* Vts, variétés non encore signalées en France, et *M. nodipalpis longitibialis* n. var., caractérisée par la grande longueur de ses pattes. *Megapus tener* Sig Thor, déjà vu par Vandel dans le Jura, a été retrouvé par nous dans le Vercors vers 300^m d'altitude et par le professeur Léger, dans les montagnes des Maures à Cavalière du Var. Ces stations éloignées indiquent pour cette espèce une large distribution géographique.

Dans la plaine de Chapareillan, en Savoie, vers 400^m d'altitude, au pied du Mont Granier, nous avons trouvé un *Megapus* nouveau caractérisé, entre autres, par un rostre très allongé et par la présence de trois denticules aux griffes des pattes. Nous l'appelons *M. moniezi*, le dédiant au professeur R. Moniez, un des premiers pionniers de l'étude des Hydracariens en France.

Dans la zone de 300 à 1000^m d'altitude, nous avons rencontré, dans le massif du Vercors, ainsi que dans le parc du château de Vizille, au pied du massif de Belledone, le *Megapus octoporus* (Psg), espèce qui n'a pas été encore signalée en France.

Plus largement réparties, grâce à leur puissante énergie d'expansion, et aussi plus communes dans les Alpes, sont les espèces *M. gibberipalpis* (Psg) et *M. nodipalpis* Sig Thor, que nous avons trouvées depuis la plaine de l'Isère jusqu'aux torrents froids des massifs de Belledonne, du Taillefer, du Vercors et de la Chartreuse, s'élevant parfois au-dessus de 1500^{m} d'altitude. Mais ce ne sont pas des formes de haute altitude.

Une espèce nouvelle, *M. fissus* Wtr, n'a été rencontrée par nous qu'une seule fois dans le massif de Belledonne vers 1500^{m}.

Dans le massif de l'Oisans, nous avons pêché dans le ruisseau du Pied-Moutet, au-dessus du Bourg-d'Oisans, entre 900 et 950^{m}, le rare *M. walteri* Vts, et une espèce nouvelle que nous sommes très heureux de dédier au professeur Léger. Cette espèce, *M. legeri*, est caractérisée surtout par une striation très nette de la peau visible même à la loupe binoculaire et par la disposition sériée des disques génitaux.

Enfin l'espèce la plus élevée que nous avons rencontrée dans le Dauphiné est *M. vaginalis* Kœn., que Walter avait déjà trouvée vers 1500^{m} dans le massif de l'Oisans, et que nous avons pu suivre jusqu'à des altitudes supérieures à 2000^{m} dans les massifs du Taillefer et de Belledonne. C'est une espèce sténothermique typique et haute-alpine, que nous avons trouvée dans des ruisseaux dont la température ne dépasse guère 5°,5C.

Il est intéressant de noter qu'aucune des espèces que nous signalons ici pour les Alpes et les Préalpes n'a été jusqu'à présent rencontrée dans les Pyrénées où Migot vient de nous faire connaître très récemment deux espèces fort intéressantes, *M. polyporus* Vts et *M. loricatus* Psg, que nous avons cherchées en vain dans le Dauphiné. Cependant la dernière espèce a été citée dans les « Mittelgebirge » en Allemagne et sur les versants nord et sud des Alpes.

On remarquera en outre que *M. spinipes* (Koch), espèce cosmopolite et répandue en Europe, observée déjà en France dans le Nord par Barrois et Moniez, et dans le Jura par Vandel, n'a pas été rencontrée par nous dans les Alpes du Dauphiné. Nous l'avons retrouvée seulement au pied des derniers contreforts des Alpes de la Provence, dans la haute vallée du Gapeau (Var), où nous avons recueilli dans une source, en mai dernier, un seul exemplaire femelle.

Cette particularité accentue encore l'intérêt que présente la répartition des espèces du genre *Megapus*, particulièrement dans les pays de montagne.

PHONÉTIQUE GÉNÉRALE. — *Analyse expérimentale et synthèse explicative des* passages *de la voix chantée dans la théorie de l'accord vocal.* Note de MM. **A. Labriet** et **R. Husson**, présentée par M. G. Urbain.

Nous bornons nos résultats aux *passages* présentés par les voix d'hommes du ré$_3$ au fa$_3$ et par les voix de femmes du ré$_4$ au fa$_4$, dont les mécanismes ont été trouvés identiques. Deux séries d'expériences ont été faites à l'aide du résonateur universel de Rousselot :

1° Analyse du timbre de toutes les voyelles du ré ♭$_3$ sol$_3$ (homme) et du ré ♭$_4$ au sol$_4$ (femme) avec voix en accord vocal : les phénomènes sont trouvés beaucoup plus accusés sur les voyelles ouvertes.

2° Émission des voyelles ouvertes du ré ♭$_3$ au mi$_3$ (homme), et du ré ♭$_4$ au mi$_4$ (femme), et étude spéciale, pour chaque harmonique de la série de fourier laryngée, de la modification apportée à son intensité en passant d'une émission ouverte (passage non exécuté) à une émission fermée (passage exécuté volontairement) sur la même note.

Chaque passage est la superposition de trois ordres de phénomènes :

1° *Acoustiques.* — En arrivant au passage par gamme ascendante, on constate une perte progressive rapide de l'intensité des harmoniques inférieurs et des renforcements inférieurs (perte de l'acccord du pharynx guttural); au passage, il y a accroissement brusque de l'intensité des harmoniques inférieurs et des renforcements inférieurs.

2° *Physiologiques.* — Avant le passage, les faits précédents indiquent (¹) un *amincissement* des cordes vocales inférieures et une ascension du larynx trop rapides. Au passage, les actions musculaires ne sont pas limitées au larynx : il y a également modification brusque de la forme du résonateur normal et du choix des harmoniques laryngiens renforcés. On met en évidence une descente du larynx; un épaississement relatif des cordes vocales inférieures; une augmentation du débit de l'air expiré; une suite de contractions musculaires antagonistes crico-thyroïdienne (²), thyro-hyoïdienne, hyo-maxillaire et maxillo-cranienne.

3° *Aérodynamiques.* — Au passage, le *point de vibration palatal* (centre tourbillonnaire localisé dans le rétrécissement de l'isthme du gosier) recule pour toutes les voyelles, et principalement pour les voyelles ouvertes.

(¹) Voir *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 358.
(²) Marage, *Petit Manuel de Physiologie de la Voix*, 1911, p. 48.

De plus, pour celles-ci, le *point de vibration labial* (centre tourbillonnaire localisé dans l'orifice des lèvres, et qui n'existe que pour les voyelles fermées) reparaît, donnant de nouveau la sensation d'un son fermé.

Il faut donc voir la cause des passages dans un amincissement des cordes vocales et une ascension du larynx trop rapides, dus à un manque de souplesse musculaire, détruisant l'accord vocal par perte d'harmoniques et de renforcements inférieurs. Une descente du larynx et un épaississement brusque des cordes vocales deviennent alors nécessaires pour pouvoir continuer l'émission d'une nouvelle série de sons.

Nous concluons que les passages ne sont nullement des manœuvres antiphysiologiques, mais au contraire nécessaires. On doit néanmoins chercher à les rendre *acoustiquement inapparents*, car ils nuisent à l'homogénéité de l'émission des voyelles ouvertes. On y parvient par l'obtention d'une discipline et d'une souplesse musculaires progressives, régularisant les ascensions du larynx et permettant la réalisation de l'accord continu du pharynx guttural sur lui, à l'aide de compensations [1] appropriées des voyelles émises.

BIOLOGIE. — *Sur la biologie du Phylloxéra de la Vigne. Les conditions de sa vie souterraine. L'influence du climat.* Note de M. **A. Mordvilko**, présentée par M. P. Marchal.

Au cours de l'été de 1925 [2], j'ai observé le Phylloxéra dans la province de Kouban (au nord du Caucase) pendant près de deux mois (juin-juillet) et je crois avoir réussi à constater l'existence de quelques caractères de sa vie souterraine qui, jusqu'à présent, n'avaient pas attiré l'attention des observateurs, malgré l'importance qu'ils paraissent susceptibles de présenter au point de vue des méthodes préventives contre les attaques de l'Insecte, tant en ce qui concerne les ceps de Vigne, considérés isolément, que pour ce qui regarde les vignobles entiers encore indemnes du Phylloxéra.

En tâchant d'élucider la question de savoir pourquoi le Phylloxéra ne peut vivre sur les racines des cépages plantés dans un sol sableux (le sable doit être mobile et sensible aux moindres secousses), j'ai remarqué que,

---

(1) *Loc. cit.*

(2) A. Mordvilko, *Phylloxera in North Caucasus (Kuban Province and Black Sea Coast) Observations of* 1925, Rostov, 1925 (en russe).

dans ce cas, entre les racines de la Vigne et les parcelles du sol adjacentes, c'est-à-dire formées de grains de sable, il ne restait ni interstices, ni vides, permettant aux larves du Phylloxéra de circuler. Les Insectes, qui habitaient sur les racines, ne s'y asphyxiaient pas (ils vivaient pendant quatre semaines tant que durait l'expérience), mais, comme les larves ne pouvaient aller se fixer sur d'autres places des racines, la colonie devait, tôt ou tard, périr. Il résulte de ce qui précède, que si, dans diverses circonstances, le Phylloxéra continue à se maintenir et à se propager sur les racines du cep, ce n'est que parce que, entre les racines et le sol, il y a des vides, si petits qu'ils soient, où les Insectes peuvent circuler. Comment donc se forment ces vides dans la nature? Avant tout et principalement de la manière suivante : le vent, en agitant la partie aérienne de la plante, met aussi en mouvement le système radiculaire, surtout au niveau de ses parties occupant les couches superficielles du sol, et il arrive alors que, si la terre n'est pas mobile, les cavités, une fois formées autour des racines, y demeurent constituées pour longtemps. C'est ainsi que se créent les conditions nécessaires à la vie du Phylloxéra sur les racines. Cependant l'action du vent ne peut se propager jusqu'au niveau du système radiculaire plus enfoncé dans le sol, et c'est pour cette raison que nous ne pouvons nous attendre à y rencontrer le ravageur. Dans certains sols, les ramifications des racines se répandent seulement à une profondeur qui ne dépasse pas 45^{cm} : ce sont alors les meilleures conditions pour l'existence du Phylloxéra, d'autant plus que la température de ces couches superficielles est aussi, pour sa vie, la plus favorable. Au contraire, dans les sols où les racines de la Vigne s'enfoncent dans la terre, bien qu'une partie de celles-ci s'étende aussi près de la surface, il devient évident que la partie se trouvant à une profondeur plus ou moins considérable ne sera pas atteinte du Phylloxéra et que les ceps de Vigne se montreront alors plus résistants à ses attaques (¹).

Quand les Vignes s'enroulent autour d'arbres à troncs épais, elles sont préservées des ébranlements causés par les vents et par conséquent nous ne trouverons pas de Phylloxéra sur les racines, mais les troncs grêles, par

(¹) Cela se rapporte aux autres Aphidiens radicicoles, par exemple à l'*Eriosoma lanigerum*, en ce qui concerne sa vie sur les racines des Pommiers, et aussi à d'autres Aphides. Quelques auteurs ont observé le Puceron lanigère sur les racines, d'autres ne l'ont point vu. Cela s'explique, à mon sens, très simplement : dans le premier cas il y avait des creux autour du collet de la racine et des racines superficielles; dans le second, il n'y en avait pas. L'*E. lanigerum* atteint les Pommiers adultes aussi bien que les plus jeunes, comme, par exemple, dans les pépinières. Les Pommiers aux troncs

contre, équivalent aux perches, auxquelles on attache les rameaux des ceps. Si les ceps sont établis sur les arbres ou cultivés en chaintre, ils deviennent plus résistants à l'invasion du Phylloxéra, parce que, dans ce cas, le système radiculaire se développe mieux, une partie des racines s'enfonçant profondément dans la terre, où le Phylloxéra ne peut pas pénétrer.

Les dégâts causés par le Phylloxéra dans les vignobles des diverses contrées ne sont pas de même intensité. Dans la province de Kouban, par exemple, les vignobles ne périssent pas, quoique cet insecte y est répandu à peu près depuis 12 à 20 ans, et les premières apparitions dans les vignobles de ce pays remontent même à 1872-1874. Or les taches d'huile y sont très rares. Cette particularité dépend de la température assez basse au Kouban (en hiver on recouvre les ceps de terre). L'individu se développe ici fort lentement; d'autre part la période de la végétation de la Vigne y est plus courte. Il y a moins de générations du Phylloxéra et par conséquent moins d'individus. Au contraire, en Transcaucasie, le Phylloxéra se montre très nuisible à la Vigne, et des vignobles entiers en périssent. En ceci le Phylloxéra ressemble aux autres Aphidiens. Le puceron du pois (*Acyrthosiphon pisi*) nuit, par exemple, beaucoup à cette plante au sud de la Russie, mais il est presque inoffensif au nord.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La vitesse de régénération de la tête chez* Planaria gonocephala *Dugès. Influence du niveau des sections.* Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. F. Mesnil.

Tout fragment du corps de la planaire d'eau douce, *Planaria gonocephala*, compris entre deux sections transversales, est capable de régénérer un individu entier. Dans tous les cas, la première étape de la régénération le long de la tranche antérieure de section est la différenciation d'une extrémité céphalique, la différenciation du nouvel individu progressant ensuite dans le sens antéro-postérieur. Chez *Pl. gonocephala*, les tissus régénérés

---

épais peuvent résister aux ébranlements causés par le vent et leur système radiculaire n'est pas influencé par lui. D'autre part, les arbres même encore jeunes peuvent ne pas être ébranlés par le vent, s'ils sont bien abrités. Dans de pareils cas le Puceron lanigère ne doit pas se rencontrer sur les racines. Parmi les Aphidiens habitant sur les racines des arbres et des herbes il y en a beaucoup, qui sont fréquentés par les Fourmis. Celles-ci font des issues autour des racines et facilitent ainsi l'existence des Aphides dans la terre. Les Lombrics et quelques autres petits animaux qui vivent dans le sol peuvent jouer le même rôle.

se distinguent aisément des tissus anciens par leur pigmentation beaucoup plus faible, et l'époque de différenciation complète de la nouvelle tête est nettement marquée par l'apparition des deux taches oculaires noires, visibles au microscope sur l'animal vivant. L'observation du temps écoulé depuis la section du fragment jusqu'à l'apparition des yeux permet une mesure de la vitesse des processus régénératifs pendant cette première phase de la régénération.

Nous avons étudié méthodiquement les variations de la vitesse de régénération ainsi mesurée avec les différentes conditions internes et externes, en vue d'une analyse précise et quantitative des phénomènes de régénération chez les Planaires. L'objet de la présente Note est de montrer l'influence prépondérante de la place qu'occupait le fragment (niveaux des sections) dans l'individu primitif. Cette influence, entrevue par certains auteurs (Child, 1906, pour *Pl. maculata*; P. Lang, 1912, pour *Pl. polychroa* et *Pl. gonocephala*), sans être établie de façon précise, a été au contraire niée par d'autres (Randolph, 1897, pour *Pl. maculata*; Stevens, 1907, pour *Pl. simplicissima* et *Pl. morgani*; Zweibaum, 1915, pour *Polycelis nigra* Ehrenb.).

Lorsque des *Pl. gonocephala* de même provenance, de tailles sensiblement égales, placées dans les mêmes conditions de nutrition, sont décapitées, puis découpées par des sections transversales en un certain nombre (2, 3, 4, 6, 8) de fragments égaux, ces fragments étant ensuite maintenus à l'inanition, à une même température constante et dans les mêmes conditions d'éclairement, on observe, dans toutes les séries d'expériences ainsi conduites, que la régénération des yeux est d'autant plus rapide que les fragments proviennent de régions plus antérieures. Ainsi, dans une expérience choisie à titre d'exemple, les temps de régénération ont été, à une température constante de 20°C., et pour les tiers successifs, de 4 jours et demi (tiers antérieurs), 6 jours et 8 jours. Dans une autre expérience, conduite à 14°, les temps de régénération ont été respectivement de 8 jours, 12 jours et 14 jours.

La vitesse de régénération dépend de nombreux autres facteurs (température, état de nutrition, taille de l'individu primitif, taille relative des fragments, etc.), dont l'action sera précisée ultérieurement; mais il est à remarquer que, quelles que soient les valeurs attribuées à ces divers facteurs, l'influence de la position des fragments dans l'individu est toujours manifeste et toujours de même sens, pourvu que les différents fragments d'un même animal soient placés dans les mêmes conditions : la comparaison

des résultats des deux expériences citées plus haut le montre clairement dans le cas d'une variation de la température.

Les variations de la vitesse de régénération aux différents niveaux du corps relèvent donc de conditions inhérentes à l'organisme. Elles montrent que ces conditions internes se modifient d'une façon continue et dans le même sens d'une extrémité à l'autre de l'axe antéro-postérieur. A ce point de vue, les variations de la vitesse de régénération sont comparables aux variations constatées par Child chez *Planaria dorotocephala* pour la « fréquence de la tête » (proportion de têtes normales régénérées par un lot de Planaires), variations qui ont pu être rattachées par le biologiste américain à son hypothèse du « gradient métabolique ».

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'existence fréquente d'une mycose de la rate en Algérie.* Note [1] de MM. **P.-E. Pinoy** et **A. Nanta**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans quelques Notes sur les splénomégalies algériennes, à la Société de biologie et à l'Académie des Sciences, nous avons attiré l'attention : d'une part, sur une bactérie anaérobie très pathogène pour les petits animaux de laboratoire, déterminant chez eux la tuméfaction de la rate, la congestion du foie et des surrénales, avec production d'ascite; d'autre part, sur l'existence de kystes décrits par certains auteurs comme des concrétions calcaires et que, par analogie avec les Myxobactéries, nous avions rapportés au cycle évolutif de la bactérie (*Synbacterium splenomegaliæ*).

L'étude d'un cas de splénomégalie au début, observée chez un indigène victime d'un accident, nous a permis de déterminer d'une manière exacte la nature des kystes rencontrés jusqu'ici par nous dans neuf cas sur onze rates enlevées chirurgicalement.

Ces pseudo-kystes représentent : les uns, des organes de fructification; les autres, des organes ornementaux du périthèce d'un champignon dont l'un de nous a établi le rôle dans la production de mycétomes chez l'homme (Ch. Nicolle et Pinoy) et chez l'âne (Pinoy et Masson). Il s'agit en effet d'un champignon appartenant au stirpe de *Sterigmatocystis nidulans*. Nous en avons d'ailleurs obtenu des cultures.

Le nodule de Gamna est un module mycosique et les splénomégalies à nodules de Gamna sont des mycétomes de la rate.

---

[1] Séance du 31 janvier 1927.

Le champignon, en pénétrant dans la rate, y introduit des bactéries d'infection secondaire et l'on conçoit que la nature de la bactérie associée puisse modifier le type clinique de la maladie. Dans un cas, où le malade avait une plaie cutanée qui renfermait, en abondance, du pseudo-diphtérique, *B. cutis commune*, nous avons retrouvé cette bactérie à l'ensemencement de la rate. La pénétration du champignon doit se faire par la peau ou par le tube digestif. Plusieurs des malades avaient eu : ou bien des ulcères, soit des membres, soit des organes génitaux; ou bien des troubles gastro-intestinaux.

Ainsi, en Algérie, existe un mycétome de la rate. Ce mycétome, d'après l'origine des malades, est surtout fréquent dans la région de Constantine et peut-être la splénomégalie égytienne n'est-elle aussi qu'un mycétome.

On comprend, puisqu'il s'agit d'un mycétome, que la splénectomie soit le seul traitement efficace. Toutefois, au début, il y aurait lieu d'essayer l'iodure de potassium à fortes doses.

A 15h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 8 novembre 1926.)

Note de M. *Const.-A. Kténas*, L'évolution du volcan des Kaménis (Santorin) en 1926 :

Page 798, ligne 7, *au lieu de* au 10 février, *lire* au 20 à 25 février.

Page 799, ligne 14, *au lieu de* jusqu'à une hauteur de 101m, *lire* jusqu'à une hauteur de 106m.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 FÉVRIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un cas particulier de diffraction des images solaires.* Note de M. **Maurice Hamy.**

Dans des recherches antérieures [1] ayant pour objet la création d'une méthode d'observation permettant d'obtenir la valeur absolue du diamètre solaire, en vue surtout de l'étude de ses variations problématiques, j'ai indiqué que l'intensité de la lumière diffractée par une fente rectangulaire, placée devant l'objectif de la lunette d'observation, s'exprime par la somme de plusieurs intégrales doubles. J'ai donné les expressions entièrement explicites de deux d'entre elles. Je me propose, dans la présente Communication, de faire connaître les résultats auxquels je suis parvenu pour la suivante :

$$L_{2\sigma} = \int_C \frac{(1-u)^{\sigma-\frac{1}{2}}}{(u-\alpha)^2} \cos 2m(u-\alpha)\,du \int_{-1}^{+1} \frac{1-\cos(2nz\sqrt{1-u^2})}{z^2}(1-z^2)^\sigma\,dz,$$

dans laquelle σ désigne un entier positif ou nul, ne dépassant pas quelques unités, m un nombre au moins égal à 10000, n un nombre de l'ordre de grandeur de $\sqrt{m}$ et α le rapport $\frac{\sin\varphi}{\sin\varepsilon}$, ε étant le demi-diamètre angulaire de l'astre et φ la direction, par rapport à celle du centre de l'astre, d'un point particulier quelconque de l'axe de symétrie de l'image, parallèle au grand côté de la fente. L'intégrale, relative à la variable u, est d'ailleurs prise le long d'un contour fermé renfermant l'origine, les points $u = \pm 1$, et le point $u = \alpha$.

---

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 993 et 1105.

Supposons : 1° $0 < \alpha < 1$. On a

$$L_{2\sigma} = -4\pi m(1-\alpha^2)^{\sigma-\frac{1}{2}} \int_{-1}^{+1} \frac{1-\cos 2nz\sqrt{1-\alpha^2}}{z^2}(1-z^2)^\sigma dz + \tau,$$

τ ayant pour expression

$$\tau = \mu\, 2\sqrt{\pi}\frac{\Gamma(\sigma+1)}{m^{\sigma+\frac{1}{2}}}\nu E^{\frac{\nu}{2}}\left[\frac{1}{(1-\alpha)^2}+\frac{1}{(1+\alpha)^2}\right]$$

(pour α non voisin de 1 et $\sigma \geqq 0$)

ou

$$\tau = \mu\, 2\sqrt{\pi}\frac{\Gamma(\sigma+1)}{m^{\sigma-\frac{3}{2}}}\nu E^{\frac{\nu}{2}}\left[4+\frac{1}{m^2(1+\alpha)^2}\right]$$

(pour α voisin ou non de 1 et $\sigma \geqq 1$).

Dans ces expressions, μ est un nombre indéterminé compris entre -1 et $+1$; ν désigne le rapport $\frac{n^2}{m}$. L'intégrale $\int_{-1}^{+1}$ se calcule par un développement en série, lorsque $n\sqrt{1-\alpha^2}$ n'est pas élevé, et par un développement semi-convergent, dans le cas contraire.

2° Lorsque $\alpha > 1$,

$$L_{2\sigma} = (-1)^\sigma 4\pi\sigma\alpha(\alpha^2-1)^{\sigma-\frac{3}{2}} \int_{-1}^{+1} \frac{1-\cos 2niz\sqrt{\alpha^2-1}}{z^2}(1-z^2)^{\sigma-1} dz + \tau,$$

τ ayant les mêmes expressions que ci-dessus.

Les formules qui précèdent suffisent pour $\sigma \geqq 1$. On doit leur substituer les suivantes pour $\sigma = 0$:

q désignant un entier arbitraire que l'on choisit de manière à avoir la meilleure approximation, on a pour $0 < \alpha < 1$, α étant supposé non voisin de 1,

$$L_0 = -4\pi m(1-\alpha^2)^{-\frac{1}{2}} \int_{-1}^{+1} \frac{1-\cos 2nz\sqrt{1-\alpha^2}}{z^2} dz$$

$$+\sum_{p=0}^{p=q} \frac{2^{\frac{3}{2}}(p+1)\sqrt{\pi}}{(1-\alpha)^{p+2}(2m)^{p+\frac{1}{2}}} \left\{ \begin{array}{l} U_p \cos\left[2m(1-\alpha)+\left(\frac{3}{2}-p\right)\frac{\pi}{2}\right] \\ -V_p \sin\left[2m(1-\alpha)+\left(\frac{3}{2}-p\right)\frac{\pi}{2}\right] \end{array} \right\}$$

+ un terme qui s'obtient en changeant α en $-\alpha$ dans le précédent et l'entier q par un autre entier arbitraire q'

$$+\mu \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{2^{\frac{3}{2}}(q+2)\sqrt{\pi}}{(1-\alpha)^{q+3}(2m)^{q+\frac{3}{2}}} W_{q+1} + \dfrac{\nu\sqrt{2\pi}}{(1-\alpha)^2(2m)^{\frac{3}{2}}}\left[\frac{3}{4}+3\frac{\nu}{2}+\left(\frac{\nu}{2}\right)^2\right]E^{\frac{\nu}{2}} \\ \text{+ deux termes qui s'obtiennent en changeant } \alpha \text{ en } -\alpha \text{ dans les précédents et } q \text{ en } q' \end{array} \right\}.$$

Dans cette expression, U_p et V_p sont définis par les formules de récurrence suivantes, en faisant

$$U_0 = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{\nu^p}{(2p-1)\Gamma(p+1)} \cos p\frac{\pi}{2}, \qquad V_0 = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{\nu^p}{(2p-1)\Gamma(p+1)} \sin p\frac{\pi}{2},$$

$$U_p = p\,U_{p-1} + \frac{\sqrt{\nu}}{2}\frac{d^{p-1}}{d\nu^{p-1}}\left[\nu^{p-\frac{3}{2}}(\cos\nu - 1)\right],$$

$$V_p = p\,V_{p-1} + \frac{\sqrt{\nu}}{2}\frac{d^{p-1}}{d\nu^{p-1}}\left[\nu^{p-\frac{3}{2}}\sin\nu\right].$$

Posant

$$W_0 = \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{\nu^p}{(2p-1)\Gamma(p+1)},$$

on a d'ailleurs

$$W_{q+1} = (q+1)W_q + \frac{\sqrt{\nu}}{2}\frac{d^q}{d\nu^q}\left[\nu^{q-\frac{1}{2}}(E^\nu - 1)\right].$$

Pour $\alpha > 1$ et non voisin de 1, l'expression de L_0 s'obtient en remplaçant le terme dépendant de l'intégrale $\int_{-1}^{+1}$, dans la précédente, par

$$-\frac{4\pi\alpha}{(\alpha^2-1)^{\frac{3}{2}}}(-1+\cos 2ni\sqrt{\alpha^2-1}).$$

Enfin, pour α voisin de 1 ou égal à 1, on a

$$L_0 = \frac{2^4\sqrt{2\pi}}{m^{-\frac{3}{2}}}\nu\sum_{s=0}^{s=\infty}\frac{[2m(\alpha-1)]^s}{\Gamma(s+1)}S_s + \mu\frac{\sqrt{\pi}}{m^{-\frac{1}{2}}}2\nu\left[E^{\frac{\nu}{2}} + \sqrt{\pi}\,|\,2m(\alpha-1)\,|^{\frac{3}{2}}\right],$$

μ désignant un nombre compris entre -1 et $+1$, S_s la série

$$S_s = \sum_{p=1}^{p=\infty}\frac{\cos(p-s)\frac{\pi}{2} + \sin(p-s)\frac{\pi}{2}}{[2(p-s)-3][2(p-s)-1]}\,\frac{\nu^{p-1}}{(2p-1)\Gamma(p+1)}.$$

Cette formule convient pour $\alpha < 1$. Elle est valable aussi pour $\alpha > 1$, sauf que le terme en μ doit être remplacé par un autre dont il est inutile de donner ici l'expression.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les actions chimiques des radiations.* Note de M. **P. Villard**.

J'ai précédemment montré [1] comment la considération des niveaux atomiques permettait d'expliquer l'effacement d'une image latente de rayons X par la lumière ordinaire, et le rétablissement, presque complet, de la sensibilité du gélatino-bromure d'argent pour ces mêmes rayons. Je rappelle que, dans cette manière de voir, l'ionisation produite par la lumière sur les niveaux optiques provoquerait la reconstitution des niveaux profonds atteints par les rayons X, mais inaccessibles à la lumière, d'où suppression de l'image et restauration de la sensibilité pour la haute fréquence.

Si cette interprétation est justifiée, deux images latentes produites l'une par la lumière, l'autre par les rayons X doivent avoir des propriétés différentes; il doit être possible de caractériser ces propriétés, et de trouver, par exemple, des réactifs capables soit d'effacer, soit de développer à volonté l'une ou l'autre de ces images.

L'expérience montre qu'il en est bien ainsi.

Soient deux plaques photographiques (deux moitiés d'une même plaque) dont l'une a reçu une impression optique, soit à la chambre noire, soit par éclairement direct sous des échelons de papier donnant des demi-teintes, l'autre ayant servi à radiographier des objets de transparences diverses, tels que des plaques de métal.

Nous supposerons des temps de pose sensiblement équivalents pour un développement ordinaire, et voisins de la valeur normale, c'est-à-dire loin de la solarisation.

Si, avant de développer, on traite ces plaques par un affaiblisseur modéré, de préférence par une solution de ferricyanure de potassium (2 à 5 pour 100) additionné de 0,5 à 1 pour 100 de bromure de potassium, on constate, au développement, que l'image optique apparaît tardivement et demeure extrêmement faible, alors que la radiographie devient rapidement vigoureuse, et offre l'aspect d'une épreuve plutôt éclaircie qu'affaiblie. La différence est tout à fait frappante, surtout par comparaison avec des échantillons témoins.

Cet affaiblisseur est lent, et son action, qui paraît tendre pratiquement vers une limite, doit être prolongée pendant plusieurs heures; une trace d'ammoniaque accé-

---

[1] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 131.

lère un peu la réaction, mais provoque facilement le décollement de la gélatine. L'addition de quelques dix-millièmes d'hyposulfite de soude est beaucoup plus efficace : elle a, par contre, l'inconvénient de diminuer la différence qu'il s'agit d'observer.

Comme révélateur, j'ai employé l'hydroquinone, après lavage éliminant les réactifs précédents.

On obtient une discrimination inverse, et plus parfaite, en remplaçant l'affaiblisseur précédent par une solution de chlorure ou de bromure mercurique au millième, qu'on laisse agir pendant un quart d'heure environ; au développement, l'image optique apparaît seule, sensiblement affaiblie par rapport à un témoin; l'image de haute fréquence ne se développe pas.

Ces deux méthodes, qui conduisent à des résultats opposés, se prêtent aisément à des expériences comparatives écartant toute erreur qui proviendrait d'un choix défectueux des temps de pose.

On réalise une variante intéressante de la seconde expérience en faisant usage du révélateur physique au bromure mercurique imaginé par MM. Lumière et Seyewetz ([1]), et qui s'emploie après fixage. On réussit particulièrement bien avec les nouvelles plaques Lumière et Jougla, marque *Micro*, dont le grain est très fin. Avec des poses équivalentes, et qui doivent être ici deux ou trois fois plus grandes que la durée ordinaire d'impression, l'image optique se révèle bien, mais, sans doute à cause de la présence du bromure de mercure, on n'obtient pas trace de la radiographie.

Pour que cette dernière apparaisse, il faut multiplier la pose normale, non plus par 2 ou 3, mais par 15 ou 20.

Il est toutefois possible d'appliquer ce procédé au cas d'une image latente de haute fréquence : il suffit de lui substituer une image optique, ce qu'on réalise par une exposition de deux ou trois minutes à la lumière d'une lampe; l'impression produite par les rayons X s'efface, et, là où ils n'ont pas agi, la lumière produit son effet ordinaire; l'image, ainsi inversée, n'est plus de haute fréquence et devient accessible au révélateur mercurique. L'épreuve obtenue est évidemment positive.

Ces deux images, qui doivent sans doute leurs propriétés si distinctes au fait qu'elles ne correspondent pas aux mêmes niveaux atomiques, peuvent coexister sans se confondre : on peut répéter les expériences précédentes avec une plaque unique que l'on impressionne successivement, et dans l'ordre que j'indique, par la lumière et les rayons X. Au moyen des réactifs précités, on développe à volonté l'une ou l'autre des deux images, à cela

---

([1]) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 102. Cf. *Agenda Lumière*.

près que l'image optique est plus difficile à éliminer que la radiographie ; il ne semble cependant pas impossible d'y parvenir.

L'indépendance des deux impressions peut être mise en évidence par un autre moyen :

On solarise une plaque sensible par exposition directe à la lumière du ciel pendant une dizaine de minutes, soit plusieurs centaines de fois la pose de solarisation. La sensibilité pour la lumière est devenue infime, et un supplément d'exposition de plus d'une minute serait nécessaire pour obtenir un effet bien net ; un calcul facile, basé sur la comparaison entre l'ouverture d'un objectif ordinaire et celle du ciel, montre qu'il faudrait beaucoup d'heures pour faire une photographie avec du bromure d'argent aussi fortement modifié.

On peut cependant, même sans augmenter le temps de pose, obtenir, avec une telle plaque, une radiographie, d'ailleurs faible, et naturellement voilée. Il est remarquable que le développement de celle-ci ne commence guère qu'après celui du voile optique, comme s'il y avait action sélective du révélateur. Ainsi qu'on peut le prévoir, on améliore considérablement le résultat en traitant d'abord la plaque sensible par l'affaiblisseur au ferricyanure, et la radiographie se développe alors beaucoup plus rapidement.

La sensibilité, toutefois, est un peu amoindrie, et il convient de quadrupler le temps de pose. Dans ces conditions on obtient encore un résultat très net même après une exposition de 7 heures à la lumière directe du jour [1].

Mais le fait le plus important que l'on constate dans cette expérience est que la radiographie est *négative*, alors que sur une plaque solarisée on ne pourrait avoir qu'une photographie *positive* (à moins de dépasser le lointain minimum de la courbe de solarisation). D'où la conclusion suivante :

Une plaque au gélatino-bromure d'argent, solarisée, même amplement, par la lumière, n'est pas solarisée pour les radiations de haute fréquence, et, de plus, conserve, pour ces dernières, une partie notable de sa sensibilité.

On voit ainsi combien est erronée l'opinion, parfois admise, que toutes les radiations produisent sur les préparations photographiques des impressions de même nature. Les faits qui viennent d'être exposés établissent au contraire clairement que les propriétés d'une image latente varient avec la fréquence de la radiation agissante, c'est-à-dire avec le rang du niveau atomique intéressé par cette radiation.

---

[1] En raison de la grandeur de l'impression optique, il y a ici avantage à ajouter au bain affaiblisseur une trace d'hyposulfite de soude, ce qui, en même temps, réduit beaucoup la durée de l'opération.

MÉCANIQUE. — *Remarque au sujet de la Note publiée par M.* Sugot [1]. Note [2] de M. **de Sparre**.

Dans cette Note intéressante, M. Sugot indique comme due à M. Esclangon la condition de stabilité des projectiles

$$\frac{4MB}{A^2\omega^2} < 1.$$

Je me permets de faire remarquer que j'ai donné cette condition dans mon Mémoire communiqué le 9 décembre 1903 par MM. Mittag-Leffler et Phragmén à l'Académie de Stockholm et publié dans les *Arkiv för matematik, astronomi och fysik*, Bd 1, en février 1904.

Je montre dans ce Mémoire que la quantité $\frac{4MB}{A^2\omega^2}$ [3] doit, pour la stabilité, être plus petite que un et cependant pas très petite. Je fais voir de plus que, si l'on veut rendre minimum, pendant la première période du mouvement, l'angle de la tangente et de l'axe figure, il faut prendre

$$\frac{4MB}{A^2\omega^2} = \frac{3}{4}.$$

Je donne d'ailleurs dans le Mémoire [4] les coordonnées de la courbe décrite par la trace de l'axe du projectile sur un plan perpendiculaire à la tangente.

J'ai donné de nouveau ces résultats dans le Mémoire publié en 1911 dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles* [5], Mémoire dans lequel j'ai de plus examiné l'influence que peuvent avoir de petites imperfections du projectile ou des conditions de départ non absolument régulières.

---

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 186.

(2) Séance du 7 février 1927.

(3) En tenant compte des notations de M. Sugot, cette quantité est désignée dans mon Mémoire par H.

(4) Les équations du mouvement sont obtenues au moyen du théorème relatif à la vitesse absolue de l'extrémité de l'axe cinétique.

(5) Également, Gauthier-Villars, 1911.

M. **Charles Richet**, présentant l'ouvrage qu'il vient de publier : *L'Intelligence et l'Homme. Études de Psychologie et de Physiologie* (un volume in-8°, 1927, Alcan, Paris), s'exprime en ces termes :

Ces études ne constituent pas un ensemble dogmatique. Il faut les considérer plutôt comme des fragments d'études, montrant à divers points de vue les ressources prodigieuses de l'intelligence humaine. La peur, la mémoire, la certitude, le langage ; tels sont entre autres les problèmes psychologiques auxquels j'ai cherché à apporter les lumières de la physiologie.

De même qu'en publiant mon livre : *Le savant*, j'ai témoigné mon adoration pour la science, de même, en publiant ce livre sur l'intelligence et l'homme, je professe mon adoration pour l'intelligence de l'homme. Le chef-d'œuvre de la création, c'est l'intelligence humaine. Voilà pourquoi son étude est toujours neuve, malgré les admirables et innombrables travaux dus à tous les psychologues depuis les temps les plus reculés.

On trouvera toujours de l'imprévu.

J'ose espérer que dans ce livre on trouvera quelque imprévu.

M. **N. E. Nörlund** fait hommage à l'Académie de ses *Leçons sur les séries d'interpolation* rédigées par René Lagrange.

NOMINATIONS.

M. **C. Matignon** est désigné pour représenter l'Académie le 27 février à la pose d'une plaque commémorative sur la maison où Jean-Baptiste Dumas est mort à *Cannes*.

ÉLECTIONS.

M. **John Townsend**, par 42 suffrages contre 3 à M. *Niels Bohr* et 2 à M. *Thomsen*, est élu Correspondant pour la Section de Physique en remplacement de M. *Pierre Weiss*, élu Membre non résidant.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Tratado de Oceanografia*, par Rafael de Buen y Lozano. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *Description et étude du cercle azimutal* n° 3 S. E. R. C., Modèle Roussilhe. M. Chasselon constructeur. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

3° A. Kotzareff et Roger Fischer. *Les Cancers et la physico-chimie*. (Présenté par M. Ch. Richet.)

4° *Manuel de la Classification décimale à l'usage des ingénieurs électriciens*, par E. Beinet. Préface de Paul Otlet. (Présenté par M. H. Sebert.)

M. **Robert de Montessus de Ballore** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *Haton de la Goupillière*.

L'**American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting Useful Knowledge** invite l'Académie à se faire représenter à la célébration du *deux-centième anniversaire* de la fondation de la Société par *Benjamin Franklin*, qui aura lieu les 27, 28, 29, 30 avril à Philadelphie.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces ayant un ds^2 de Liouville et leurs géodésiques fermées*. Note (1) de M. **Bertrand Gambier**.

1. Soit une surface S d'élément $ds^2 = [\alpha(x) + \beta(y)](dx^2 + dy^2)$ et à géodésiques fermées. Supposons d'abord que ces géodésiques rencontrent la totalité des *coniques géodésiques* $x = \text{const.}$, mais simplement une partie des coniques y. Supposons que la fonction $\alpha(x)$ ait la période π, de sorte que (x, y) et $(x + \pi, y)$ donnent le même point de S; il est

(1) Séance du 7 février 1927.

nécessaire que $\beta(y)$ ait un maximum, que l'on peut supposer nul, atteint, par exemple, pour $y=0$. Les équations des géodésiques sont

$$(1) \qquad dt = \frac{dx}{\sqrt{\alpha(x)-h}} = \frac{dy}{\sqrt{h+\beta(y)}},$$

où t est une variable auxiliaire et h une constante arbitraire positive inférieure à la limite inférieure de $\alpha(x)$. Je pose

$$(2) \quad \beta_1(y) \equiv \beta(-y), \qquad \beta(y) = \beta_1(y_1) = -z, \qquad dy = \psi(z)\,dz, \qquad dy_1 = \psi_1(z)\,dz$$

de façon que $\beta(y)$ et $\beta_1(y)$ soient deux fonctions inconnues à définir pour $y > 0$, que y et y_1 soient fonctions de la même variable positive z; le calcul de $\beta(y)$ ou $\beta_1(y_1)$ revient au calcul de $\psi(z)$ et $\psi_1(z)$. Le procédé d'Abel pour les mouvements tautochrones, employé déjà par Darboux [1] pour les surfaces de révolution (α constante positive) donne, avec une fonction $\tau(h)$ auxiliaire,

$$(3) \quad \tau(h) \equiv \int_0^{\pi} \frac{dx}{\sqrt{\alpha(x)-h}}, \qquad \psi(z)+\psi_1(z) \equiv \frac{1}{2\pi}\left[\frac{\tau(0)}{\sqrt{z}} + \int_0^{z} \frac{\tau'(h)\,dh}{\sqrt{z-h}}\right].$$

On peut se donner *arbitrairement* la fonction $\alpha(x)$, continue, positive, de période π, puis la fonction $\beta(y)$, nulle pour $y=0$, négative pour $y>0$. On remarquera que, si $\beta'(0) \neq 0$, autrement dit si $\psi(z)$ n'est pas de l'ordre de $\frac{1}{\sqrt{z}}$ pour z infiniment petit, les surfaces obtenues ont la ligne $y=0$ pour ligne anguleuse; quand elle n'est pas anguleuse, la ligne $y=0$ est une géodésique. En général, les surfaces obtenues sont composées de deux morceaux analytiquement distincts dont $y=0$ est la frontière commune.

Supposons maintenant que les lignes géodésiques ne rencontrent qu'une partie des coniques x et y; il n'y a plus intérêt à supposer $\alpha(x)$ périodique : elle doit avoir un maximum $A > 0$ atteint, par exemple, pour $x=0$, tandis que $\beta(y)$ satisfait aux mêmes conditions que plus haut. J'écris encore les relations (2), puis les relations semblables

$$(4) \quad \alpha_1(x) \equiv \alpha(-x), \quad A-\alpha(x) = A-\alpha_1(x_1) = \zeta, \quad dx = \varphi(\zeta)\,d\zeta, \quad dx_1 = \varphi_1(\zeta)\,d\zeta$$

Je choisis *arbitrairement* une fonction $\tau(h)$ définie de $h=0$ à $h=A$; posons $h+l=A$. Les deux fonctions ψ et ψ_1 sont liées par la seconde

[1] *Théorie des surfaces*, **3**, p. 4-8.

relation (3), et $\varphi(\zeta)$, $\varphi_1(\zeta)$ par la relation

$$(5) \qquad \varphi(\zeta)+\varphi_1(\zeta)\equiv\frac{1}{2\pi}\left[\frac{\tau(A)}{\sqrt{\zeta}}-\int_0^{\zeta}\frac{\tau'(A-l)\,dl}{\sqrt{\zeta-l}}\right].$$

Finalement, on a pu choisir arbitrairement $\tau(h)$, $\psi(z)$ et $\varphi(\zeta)$.

2. M. Carathéodory (1) a appliqué ce procédé d'Abel simplement aux surfaces à géodésiques fermées (toujours du type de Liouville), telles que les géodésiques issues d'un point A arbitraire aillent, avant de revenir en A, concourir en un même point A_1, *antipode géodésique* de A. J'ai déjà signalé (2) l'élégance et l'importance des résultats de l'éminent géomètre; il me sera donc permis de signaler que l'emploi de la seule géométrie, dans cette question difficile, offre l'inconvénient ds présumer *nécessaires* des conditions, en réalité, simplement *suffisantes*. La correspondance (A, A_1) est une *auto-isométrie* de la surface *échangeant la forme de Liouville avec elle-même :* la seule base *analytique* solide est le beau Mémoire de M. G. Kœnigs (3) que j'ai déjà cité. La correspondance (A, A_1) a l'une des formes analytiques ($\varepsilon=\pm1$, a et b constantes).

$$\begin{cases} x_1=\varepsilon x+a,\\ y_1=\varepsilon y+b,\end{cases}\quad \begin{cases} x_1=x+a,\\ y_1=-y,\end{cases}\quad \begin{cases} x_1=x,\\ y_1=-y,\end{cases}\quad \begin{cases} x_1=\varepsilon y,\\ y_1=-\varepsilon x,\end{cases}\quad \begin{cases} x_1=\varepsilon y+a,\\ y_1=\varepsilon x+b,\end{cases}\quad \begin{cases} x_1=\varepsilon y,\\ y_1=\varepsilon x,\end{cases}$$

M. Carathéodory s'est occupé uniquement de la seconde forme ; j'ai donné des exemples inédits de la seconde et troisième forme ; d'ailleurs les formules qui résolvent cette seconde ou troisième forme sont toutes semblables à celles utilisées respectivement pour le premier ou second cas du numéro précédent. M. Carathéodory n'a pas aperçu que, pour la seconde forme, il n'y a pas seulement *une* représentation conforme de S sur une sphère Σ, telle que deux antipodes de S aient toujours pour homologues deux points diamétralement opposés mais au moins les ∞^1 représentations correspondant aux coniques homofocales de la sphère, avec le ds^2 caractéristique

$$[p(\omega+i\xi)-p(\omega'+\eta)](d\xi^2+d\eta^2),$$

où p est la fonction de Weierstrass aux périodes 2ω, $2\omega'$, ω étant réel et ω'

---

(1) *Abhandlungen aus dem Mathematischen Seminär,* Hamburg, 4, 1926, p. 297-312.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 257.

(3) *Mémoires des Savants étrangers*, 31, VI, 1894, p. 1-318.

imaginaire pure. *Si donc, par extension des beaux résultats de M. H. Weyl* (¹), *le ds^2*

$$(v-u)\left[\frac{du^2}{4(u-e_1)(u-e_2)(u-e_3)}-\frac{m^2\,dv^2}{4(v-e_1)(v-e_2)(v-e_3)}\right]$$

où e_1, e_2, e_3 sont réels ($e_1+e_2+e_3=0$) *définit* in abstracto *une surface fermée convexe avec quatre points singuliers, on a un exemple précis de surface fermée à antipodes géodésiques*, si m est le quotient de deux nombres entiers impairs et est suffisamment voisin de 1. Existe-t-il une surface fermée (autre que la sphère) *sans singularité* à antipodes géodésiques? La question reste en suspens, contrairement à l'affirmation de M. Carathéodory.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Point singulier isolé non critique d'une fonction harmonique*. Note de M. **P. Noaillon**, présentée par M. Hadamard.

Nous pourrons supposer que, par la transformation de Lord Kelvin, on a éloigné à l'infini le point singulier P considéré. La remarque suivante ramène alors l'étude au cas d'une fonction harmonique *entière* :

Toute fonction harmonique $f(M)$, pour laquelle $M=\infty$ est un point singulier isolé non critique, est de la forme suivante :

1° *Pour un nombre de variables $\nu>2$, $f(M)$ est la somme d'une fonction harmonique* ENTIÈRE *et d'une fonction harmonique* RÉGULIÈRE *au point $M=\infty$;*

2° *Pour $\nu=2$, il faut entre ces deux termes intercaler*

$$K\log r,$$

r étant la distance du point M à l'origine.

Cette remarque augmente encore l'intérêt du théorème de M. E. Picard :

« Si une fonction harmonique entière reste (algébriquement) inférieure à une constante, elle se réduit à une constante (²). »

Je voudrais présenter l'extension suivante de ce théorème :

Si une fonction harmonique entière $f(M)$ est telle que, pour une valeur donnée non négative de p, le rapport $\frac{f(M)}{r^p}$ reste borné d'un côté (*par*

(¹) *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 61, 1916, p. 40-73.

(²) Ce théorème, donné depuis longtemps dans le cours de M. Picard, est rappelé avec une démonstration très simple dans le *Bull. de la Soc. math. de France*, 52, 1924, p. 165.

exemple $\frac{f(M)}{r^p} < A\Big)$, *elle se réduit à un polynome harmonique de degré au plus égal à p.*

C'est un perfectionnement à une proposition donnée par H. Poincaré (¹), laquelle exigeait que $\frac{f(M)}{r^p}$ fût bornée *en module*. Dans le cas de $\nu = 2$ nous avons un théorème de M. J. Hadamard sur la partie réelle d'une fonction analytique entière de $x_1 + ix_2$ (²). La démonstration suivante, inspirée en partie par celle de M. Hadamard, s'applique à un nombre quelconque ν de variables.

On a

$$f(M) = \sum_{n=0}^{\infty} X_n(M), \tag{1}$$

$X_n(M)$ étant un polynome harmonique homogène de degré n en les coordonnées $x_1 \ldots x_\nu$ de M, et la série étant uniformément convergente dans tout domaine borné.

Tout revient à démontrer que la condition

$$\frac{f(M)}{r^p} < A \tag{2}$$

entraîne $X_q(M) = 0$ pour $q > p$.

Soit σ la sphère de centre O et de rayon 1, et soit m le point de percée de la demi-droite (OM) avec σ. On a

$$X_n(M) = r^n X_n(m)$$

et il nous suffira de démontrer que

$$X_q(m) = 0 \tag{3}$$

pour $q > p$.

Multiplions les deux nombres de (1) par $X_q(M)$ et intégrons sur la sphère S de centre O et de rayon r arbitrairement grand. A cause de la relation d'orthogonalité entre les X_n, nous obtenons

$$\int_\sigma [X_q(m)]^2 \, d\sigma_m = \int_\sigma X_q(m) \frac{f(M)}{r^q} \, d\sigma_m,$$

(¹) *Théorie du potentiel newtonien*, Paris, 1899, § 95, p. 208.

(²) *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 1053.

d'où, en désignant par B_q le maximum de $|X_q(m)|$ sur σ,

$$\int_\sigma [X_q(m)]^2 \, d\sigma_m \leqq B_q \int_\sigma \frac{|f(M)|}{r^q} \, d\sigma_m. \tag{4}$$

Désignons par Pf une fonction $= f$ lorsque $f \geqq 0$; $= 0$ lorsque $f \leqq 0$. Comme on a

$$|f| = 2Pf - f,$$

la formule (4) peut s'écrire

$$\int_\sigma [X_q(m)]^2 \, d\sigma_m \leqq 2 B_q \int_\sigma \frac{Pf(M)}{r^q} \, d\sigma_m - \frac{B_q}{r^q} \int_\sigma f(M) \, d\sigma_m.$$

Or, en posant $\int_\sigma d\sigma_n = S_\nu$, on a

$$\int_\sigma f(M) \, d\sigma_m = f(0) \, S_\nu;$$

donc

$$\int_\sigma [X_q(m)]^2 \, d\sigma_m \leqq 2 B_q \int_\sigma \frac{Pf(M)}{r^q} \, d\sigma_m - \frac{B_q f(0) S_\nu}{r^q}. \tag{5}$$

Supposons $q > p \geqq 0$ et faisons tendre r vers l'infini. Dans le deuxième membre, le deuxième terme tend vers zéro. De l'hypothèse (2) l'on déduit

$$0 \leqq \frac{Pf(M)}{r^q} \leqq \frac{|A|}{r^{q-p}},$$

donc l'expression $\frac{Pf(M)}{r^q}$ tend uniformément vers zéro pour $r = \infty$ et la relation (5) nous donne

$$\int_\sigma [X_q(m)]^2 \, d\sigma_m = 0 \qquad \text{pour} \quad q > p,$$

d'où l'on conclut la relation (3).

Corollaire. — $f(M)$ étant une fonction harmonique, P un point singulier isolé non critique de cette fonction, r la distance de M à l'origine quand P est à l'infini et la distance de M à P quand P est à distance finie : *si quand* M *tend vers* P, *l'un des produits* $z^0 f(M), \ldots, z^n f(M), \ldots, z^{\nu-2} f(M)$ *ne tend pas vers une limite unique, finie ou infinie, chacun de ces points sera essentiellement indéterminé et atteindra toute valeur assignée en une infinité de points* M *s'accumulant dans le voisinage de* P.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe spéciale d'équations de la forme* $s=f(x, y, z, p, q)$. Note de M. **R. Gosse**, présentée par M. Goursat.

J'ai déjà indiqué (¹) l'intérêt que présentent les équations

$$s=p\varphi(x, y, z, q)$$

qui peuvent se mettre sous la forme

$$\frac{\partial a(x, y, z, q)}{\partial x}=\frac{\partial b(x, y, z, q)}{\partial y};$$

leur intégration se ramène à celle d'une équation différentielle et M. Lainé a utilisé avec succès cette remarque pour trouver des formules représentant l'intégrale générale de l'équation

$$(1)\qquad s=p\left(\frac{\sqrt{q}}{z-y}+\frac{q}{z-y}+\frac{q}{z-x}\right)$$

qui s'écrit

$$(2)\qquad \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{1+q+2\sqrt{q}}{z-y}-\frac{q}{z-x}\right)=\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{1}{z-x}\right).$$

Mais là ne se borne pas la portée de la méthode : celle-ci fait en effet pressentir l'existence d'une transformation de Bäcklund qui ramène à des types connus les équations du type étudié. Ce fait a été démontré directement par M. Goursat (²) pour celles de ses équations qui rentrent dans la catégorie qui nous occupe. L'équation de M. Lainé n'échappe pas à cette loi. La forme (2) insiste en effet à faire la transformation

$$x'=x, \qquad y'=y, \qquad p'=\frac{1}{z-x}, \qquad q'=\frac{1+q+2\sqrt{q}}{z-y}-\frac{q}{z-x}$$

qui transforme (2) en

$$(3)\qquad s'(x-y)+2\sqrt{-s'}+p'-q'-p'q'(x-y)=0.$$

Il suffit de poser

$$z'=-\mathrm{LZ}(x-y)$$

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1597.

(²) Goursat, *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2ᵉ série, **1**, 1899, p. 31-78 et 439-464.

et de changer y en $-y$ pour obtenir l'équation

$$S = \frac{2\sqrt{PQ}}{x+y}.$$

L'équation de M. Lainé se ramène donc au type I (¹) des équations de M. Goursat et s'intègre comme celle-ci (²).

Observations sur la Note précédente de M. R. Gosse, par M. **E. Goursat**.

Le résultat de M. Gosse, très voisin du résultat publié par M. Lainé dans les *Comptes rendus* (³), en est cependant différent. L'équation $s = \frac{2\sqrt{pq}}{x+y}$ est en effet une résolvante *de première espèce* (⁴), pour le système de Bäcklund

$$x' = x, \quad y' = y, \quad p' = \frac{1}{z-x}, \quad q' = \frac{1+q+2\sqrt{q}}{z-y} - \frac{q}{z-x},$$

tandis que l'équation de M. Lainé est une résolvante de seconde espèce.

M. Lainé part d'un autre système de Bäcklund

$$x' = x, \quad y' = y, \quad p = (z-x)(z-y)e^{v}, \quad q = \left[(z-y)\frac{\partial v}{\partial y} - 1\right]^2,$$

dont l'équation

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} = \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial y}[(x-y)e^{v}]$$

est une résolvante *de seconde espèce.*

(¹) Goursat, *Ibid.*, p. 67.

(²) Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations du deuxième ordre*, **2**, p. 187.

(³) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 320.

(⁴) E. Goursat, *Le problème de Bäcklund* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. VI, 1925, p. 21 et 30).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'ajustage d'un ensemble de valeurs, et ses applications à la représentation des fonctions par des séries de fonctions et aux équations intégrales.* Note [1] de M. **Octave Onicescu**, présentée par M. Émile Borel.

1. La méthode d'ajustage exposée dans une Note précédente [2], nous a conduit à un algorithme représenté par la dernière formule (p. 1260) de cette Note. L'application de cet algorithme peut être très étendue, pouvant se faire, par exemple, au problème de la représentation d'une fonction dont on donne un ensemble de valeurs, par une série de fonctions données.

2. Si la fonction $y^0(x)$ représente, sur l'ensemble ε, les valeurs d'une fonction appartenant à l'ensemble fonctionnel linéaire $\sum_{i}^{h} \lambda_i \varphi_i(x)$, la formule d'ajustage à laquelle nous sommes parvenus, nous la donnera.

Nous pouvons aussi observer que notre algorithme peut être appliqué même dans les cas où $y^0(x)$ a des discontinuités, ou si elle devient infinie en un certain nombre de points, pourvu que l'on choisisse d'une manière appropriée ou les fonctions $\varphi_i(x)$, si nous pouvons les prendre à notre volonté, ou les $p(x)$, dans le choix desquelles il y a un grand arbitraire.

3. Nous avons déjà observé que notre algorithme peut être appliqué dans le cas de plusieurs variables. Voici une application. Considérons une équation aux dérivées partielles

$$\mathcal{E}[F(x_1, x_2, \ldots, x_n)] = 0,$$

où figure la fonction $F(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de n variables indépendantes, que nous allons écrire symboliquement $F(P)$.

Nous allons appeler *problème statistique de Dirichlet* correspondant à l'équation $\mathcal{E} = 0$, celui de déterminer la solution $F(x_1, x_2, \ldots, x_n) \equiv F(P)$ qui prend sur un ensemble ε, de points de l'espace considéré, des valeurs données d'avance $y^0(P_\varepsilon)$ ou qui s'approche le mieux possible de ces valeurs.

On choisit un certain nombre de solutions de l'équation $\mathcal{E} = 0$, linéairement indépendantes sur ε. Soit $\sum_{i}^{h} \lambda_i \varphi_i(P)$ l'ensemble fonctionnel linéaire

---

[1] Séance du 24 janvier 1927.
[2] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1258.

qu'elles déterminent. Notre algorithme nous conduira à une fonction $y(\mathrm{P})$, qui répond, selon notre définition de l'ajustage, au problème posé.

4. Soit maintenant une infinité de fonctions $\varphi_1(\mathrm{P})$, $\varphi_2(\mathrm{P})$, ..., $\varphi_h(\mathrm{P})$, ..., coexistantes dans un domaine D de l'espace où se trouve P, linéairement indépendantes sur un ensemble ε contenu dans D.

Notre algorithme détermine la fonction de l'ensemble fonctionnel

$$\sum_{1}^{\infty}{}_i \lambda_i \varphi_i(\mathrm{P})$$

qui s'approche le plus de la fonction $y^0(\mathrm{P}_\varepsilon)$ donnée sur ε.

En effet, si nous prenons seulement les h premières fonctions, l'algorithme donnera, pour les coefficients,

$$\lambda_l^{(h)} = \int_{\varepsilon^h} \mathrm{D}_l^{(h)}(\varphi, y^0)\, p_1(\mathrm{P}_1)\, p_2(\mathrm{P}_2) \ldots p_h(\mathrm{P}_h)\, d\mathrm{P}_1\, d\mathrm{P}_2 \ldots d\mathrm{P}_h,$$

où

$$\mathrm{D}_l^{(h)} = \frac{\begin{vmatrix} \varphi_1(\mathrm{P}_1) & \varphi_2(\mathrm{P}_1) & \ldots & \varphi_{l-1}(\mathrm{P}_1) & y^0(\mathrm{P}_1) & \varphi_{l+1}(\mathrm{P}_1) & \ldots & \varphi_h(\mathrm{P}_1) \\ \varphi_1(\mathrm{P}_2) & \varphi_2(\mathrm{P}_2) & \ldots & \varphi_{l-1}(\mathrm{P}_2) & y^0(\mathrm{P}_2) & \varphi_{l+1}(\mathrm{P}_2) & \ldots & \varphi_h(\mathrm{P}_2) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \varphi_1(\mathrm{P}_h) & \varphi_2(\mathrm{P}_h) & \ldots & \varphi_{l-1}(\mathrm{P}_h) & y^0(\mathrm{P}_h) & \varphi_{l+1}(\mathrm{P}_h) & \ldots & \varphi_h(\mathrm{P}_h) \end{vmatrix}}{\| \varphi_i(\mathrm{P}_j) \|_{\substack{i=1,2,\ldots,h \\ j=1,2,\ldots,h}}}.$$

Si nous faisons $h \to \infty$, $\mathrm{D}_l^{(h)}$ tend, en général, uniformément vers une limite déterminée, ou, au moins, on peut s'arranger pour qu'il en soit ainsi. Si, par exemple, $f(\mathrm{P}_\varepsilon)$ est finie et

$$\lim_h \varphi_h(\mathrm{P}_\varepsilon) \equiv 0 \text{ sur } \varepsilon,$$

$\mathrm{D}_l^{(h)}$ tend vers une limite D_l, telle que

$$\sum_{1}^{\infty}{}_l |\mathrm{D}_l| < \mathrm{M},$$

où

$$\mathrm{M} \geqq \frac{\left| \sum_{1}^{h}{}_i \mu_i f(\mathrm{P}_i) \right|}{\underset{k=1,2,\ldots}{\text{borne sup. des}} \left| \sum_i \mu_i \varphi_k(\mathrm{P}_i) \right|} \quad \text{(quels que soient } h \text{ et les } \mu_i).$$

Si les fonctions $\varphi_i(\mathrm{P}_\varepsilon)$ ne remplissent pas la condition précédente, mais

restent limitées sur ε, on les remplace par

$$\varphi'_1(P) = a_1\varphi_1(P), \qquad \varphi'_2(P) = a_2\varphi_2(P), \qquad \ldots, \qquad \varphi'_h(P) = a_h\varphi_h(P), \qquad \ldots,$$

la suite des nombres $a_1, a_2, \ldots, a_h \ldots$ ayant comme limite zéro.

Or, si $D_l^{(h)}$ tend uniformément vers une limite, l'intégrale nh^{uple} qui donne $\lambda_l^{(h)}$ tend aussi vers une limite car on peut écrire

$$\lambda_l^{(h+p)} - \lambda_l^{(h)} = \int_{e^{h+p}} [D_l^{(h+p)} - D_l^{(h)}]\, p_1(P_1)\, p_2(P_2) \ldots p_h(P_h)\, p_{h+1}(P_{h+1}) \ldots p_{h+p}(P_{h+p}) \times dP_1\, dP_2 \ldots dP_{h+p}.$$

Comme

$$|D_l^{(h+p)} - D_l^{(h)}| < \alpha \text{ dans } \varepsilon$$

on aura aussi

$$|\lambda_l^{(h+p)} - \lambda_l^{h}| < \alpha,$$

à partir d'un h suffisamment grand, quel que soit p.

On démontre par la même méthode que

$$\sum_1^\infty {}_l |\lambda_l| < M$$

et l'on démontre ainsi que *la solution de notre problème est unique et coïncide avec la solution du problème exact toutes les fois que celui-ci est possible.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la parodoxie logique dans la théorie des ensembles.* Note de M. **Hasso Härlen**, présentée par M. Émile Borel.

Parmi les paradoxes de la théorie des ensembles, on peut distinguer deux catégories. Les uns, auxquels appartiennent surtout les paradoxes de détermination verbale (comme par exemple l'*Antinomie Richard*), dépendent essentiellement des singularités de la langue. Tous les autres — c'est-à-dire ceux de Russell, de Burali-Forti et leurs variantes — renferment au fond la même contradiction; nous la nommons *paradoxie logique*. Dans cette Note nous ne nous occuperons que de cette dernière. Les paradoxes logiques sont des applications à certains cas particuliers de notre théorème fondamental :

Théorème. — *Il est impossible qu'une relation ait lieu entre deux ensembles* A *et* B, *telle que soient remplies les deux conditions :*

1. *Si un élément* a *de* A *correspond à un élément* b *de* B *dans lequel il*

est contenu, alors il est contenu dans tous les éléments de B *qui lui correspondent.*

Avant d'exprimer la deuxième condition, donnons quelques explications. N'ayant pas supposé la relation biunivoque, à chaque b de B correspond un sous-ensemble A_b de A qui contient les éléments de A correspondant à b. Les ensembles A et B étant arbitraires, il peut se faire que b soit lui-même un ensemble dont le produit avec A_b n'est pas vide. Chaque élément b de B correspond donc à deux sous-ensembles A_{1b} et A_{2b} de A (qui pourraient être vides) tel que A_{2b} comprend tous les éléments de A correspondant à b et y sont contenus, pendant que A_{1b} comprend les éléments de A qui correspondent à b et n'y sont pas contenus. D'après la condition (1), un élément a de A qui est contenu dans un A_{1b} ne peut pas être élément d'un A_{2b} et *vice versa*. Cela posé, nous exprimons la deuxième condition :

2. *Il y a comme élément de* B *un sous-ensemble* Y *de* A *qui contient au moins un élément de chaque* A_{1b} *et qui ne contient aucun élément d'un* A_{2b}; *il existe au moins un élément* a_Y *en* A *qui correspond à* Y (Y est un ensemble de choix de tous les A_{1b} non vides ou la somme de plusieurs de ces ensembles de choix).

La démonstration de ce théorème est à peu près intuitive. a_Y est élément de Y ou non : 1° a_Y est élément de Y ; alors il est élément de A_{2Y} et Y contient un élément d'un A_{2b} en contradiction à sa définition; 2° a_Y n'est pas élément de Y; alors il est élément de A_{1Y} et A_{1Y} n'étant pas vide, Y en doit contenir un élément en contradiction à la définition des A_{1b}. En tout cas nous avons une contradiction, d'où résulte l'incompatibilité des deux conditions (1) et (2).

Notre théorème n'est autre chose que la base de la fameuse méthode de démonstration connue sous le nom de procédé diagonal (Diagonalverfahren) et qui sert à prouver l'existence d'ensembles ayant des puissances de plus en plus grandes. On montre par exemple l'impossibilité d'une relation biunivoque entre un ensemble et l'ensemble de ses sous-ensembles en la supposant réalisée, ce qui se montre contradictoire. Il s'agit de la contradiction de notre théorème, la relation étant telle qu'elle dût remplir à la fois les deux conditions ci-dessus.

D'autre part, les paradoxes sont des applications singulières de notre théorème [1]. Ils proviennent de l'application du procédé diagonal à cer-

---

[1] Qui est une généralisation de la « forme générale » de Grelling et Nelson (*Abhandlungen der Fries'schen Schule*, nouvelle série, 2. 1908, p. 306).

tains ensembles, comme par exemple l'ensemble de tous les ensembles (Russell) ou l'ensemble de tous les ordinaux (Burali-Forti). Bref, nous pouvons définir les paradoxes logiques comme des applications du procédé diagonal aux notions d'une classe bien déterminée; je les nomme notions absolues d'universalité [1]. Ces notions supposeraient l'existence d'une relation remplissant à la fois nos deux conditions.

Il faut encore remarquer qu'on peut construire des paradoxes logiques qui ne résultent pas immédiatement de notre théorème, mais de quelques variantes de ce théorème qu'on peut obtenir aisément. Il suffit que dans la définition des A_{2b} (« un A_{2b} est l'ensemble des éléments de A correspondant à b et y contenus ») on remplace les mots « y contenus » par « qui sont contenus dans un élément de b ou par « qui sont contenus dans un élément d'un élément... d'un élément de b ». On trouvera toujours des ensembles paradoxes qui sont en contradiction avec le théorème modifié.

L'analyse des deux conditions nous mène à ce résultat, que la deuxième étant remplie il est facile de modifier les ensembles A et B de façon que chaque sous-ensemble de A soit élément de B. De sorte que les paradoxes seront évités dans une théorie dans laquelle une relation en accord avec la condition (1) est *a priori* impossible entre un ensemble et l'ensemble de ses sous-ensembles. En procédant ainsi on arrive à une théorie de types qui est une simplification de la fameuse théorie de Russell. Inutile de dire que dans cette théorie le procédé diagonal n'est plus applicable en général.

AÉRODYNAMIQUE. — *Calcul des forces de frottement sur les profils d'ailes.* Note [2] de M. **P. Dupont**, présentée par M. Rateau.

On sait qu'un plan de surface S, de profondeur a, orienté parallèlement à un courant d'air régulier U_0, subit sur une face une force de frottement

$$F = c_f S U_0^2 = c'_f (U_0 a)^{-0,15} S U_0^2,$$

c'_f ne dépendant que de l'état des surfaces. Pour un profil de profondeur a, plongé dant le même courant U_0, la vitesse V est variable en chaque point; nous admettrons que sur l'élément ds de largeur unité s'exerce une force de

---

(1) J'en ai donné une description assez précise dans ma Thèse (non encore publiée) où se trouvent prouvées en détail les assertions de cette Communication.

(2) Séance du 7 février 1927.

frottement

$$dF = c_f V^2\, ds,$$

c_f ne dépendant que de c'_f et de $(U_0 a)^{-0,15}$. Une relation analogue a déjà été établie par Joukowski [1] moyennant certaines hypothèses sur la couche limite; pour avoir des forces de l'ordre de grandeur des pressions, il est commode d'opérer sur les forces tangentielles $d\Phi = \frac{dF}{c_f}$.

Avec les notations d'une Communication antérieure [2] pour un mouvement plan parallèle défini par rapport à des axes de sens direct, z et Z étant respectivement les variables des plans du cercle et du profil, on trouve pour les forces tangentielles résultantes sur le profil, Φ_x et Φ_y, des relations analogues à celles de Blasius, ρ étant la densité du fluide :

$$\Phi_x - i\Phi_y = \frac{\rho}{2}\int\left(\frac{df}{dz}\right)^2 \frac{dz}{dZ}\, dz. \tag{1}$$

Leur moment relatif au centre du cercle générateur du profil est la partie imaginaire de

$$-\frac{\rho}{2}\int\left(\frac{df}{dz}\right)^2 \frac{dz}{dZ} Z\, dz; \tag{2}$$

l'intégration est faite pour le cercle sur deux arcs parcourus dans le sens du mouvement effectif et aboutissant aux deux points de vitesse nulle.

$\left(\frac{df}{dz}\right)^2$ et $\frac{dz}{dZ}$ résultant de la Note précitée, ainsi que Z, peuvent se décomposer en une somme d'éléments simples, où l'on distingue au dénominateur des puissances de z, $z - t_1$, $z - t_2$, $z - p_K$, et pour Z des termes logarithmiques; on peut ainsi séparer dans les intégrales (1) et (2) quatre groupes de composantes tangentielles :

1° La première composante est imaginaire conjuguée, au coefficient $\frac{\rho}{2} U_0^2$ près, de la corde joignant sur le cercle les deux points de vitesse nulle, et passe par le milieu de cette corde; elle est commune au cercle et à tous les profils;

2° La deuxième, qui dépend des éléments en $\frac{1}{z^k}$, est très excentrée pour le cercle, peu excentrée au contraire pour les profils;

3° La troisième se dédouble et dépend des deux tourbillons, passant par

---

(1) *Aérodynamique* (traduit par S. Drzewiecki), p. 121.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 274.

ceux-ci pour le cercle, par leurs transformés pour le profil; sa grandeur pour les profils est généralement négligeable;

4° La quatrième n'existe que pour les profils, et comporte autant d'éléments que les zéros $p_2, p_3, \ldots, p_n$ de $\frac{dZ}{dz}$, passant par les transformés de ces derniers.

Il suffit de composer ces forces connues en grandeur et en position, et d'ajouter, s'il y a lieu, à la résultante un bras de levier qui dépend des singularités de Z. Le résultat pour le cercle correspond qualitativement au cas d'un cylindre allongé, ou flasqué, tournant rapidement dans un courant d'air; la résultante de frottement, faible, s'excentre beaucoup dès la moindre dissymétrie, d'où un couple expliquant les autorotations.

Pour les profils, la résultante de frottement reste constante à 10 pour 100 près, pour les incidences pratiques, et a un moment négligeable relatif au bord d'attaque; la polaire des pressions subit pratiquement une petite translation parallèle à Ox, pour tenir compte des frottements, dont la grandeur influe notablement sur la finesse des profils.

La courbe métacentrique des pressions est peu modifiée par les frottements, sauf aux environs immédiats de la portance nulle, où la résultante est ramenée à distance finie, parallèlement à la force de frottement, et décalée par rapport à celle-ci pour tenir compte de c_{m_0}; ce décalage important relativement à la grandeur du profil, varie beaucoup avec la nature de ce dernier et le produit $U_0 a$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'impossibilité d'une stratification ellipsoïdale d'un fluide hétérogène en rotation.* Note de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Hadamard.

Les auteurs qui ont étudié le mouvement de rotation d'un fluide hétérogène autour d'un axe ont admis généralement que la résultante en un point (pesanteur) de l'attraction newtonienne des masses et de la force centrifuge était normale à la surface à densité constante passant en ce point.

Or M. Rolin Wavre a fait récemment remarquer que cette hypothèse impliquait l'existence d'une relation $\rho = f(p)$ entre la densité et la pression, bien que le fluide hétérogène considéré ne soit pas doué d'une équation caractéristique au sens ordinaire du mot [1]. Partant de là, M. Wavre a

[1] Rolin Wavre, *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, 5e période, 1926, 8, p. 330.

montré, très simplement, que les conditions d'intégrabilité des équations fondamentales de l'hydrodynamique exigent que toutes les molécules situées à la même distance de l'axe de rotation aient la même vitesse angulaire. Cette proposition très importante modifie les idées admises depuis une quarantaine d'années sur la figure des corps célestes.

On devait donc se demander si cette nouvelle condition pouvait être réalisée dans un fluide hétérogène à stratification ellipsoïdale.

Dans le cas d'une rotation d'ensemble (fluide tournant en bloc), M. Hamy a déjà reconnu (¹) l'impossibilité d'une telle répartition des masses pour un fluide constitué d'un nombre fini de couches de densités différentes; M. Véronnet a établi ensuite, dans sa Thèse (²), que cette impossibilité ne disparaît pas lorsque la densité varie d'une façon continue d'une couche à une autre. On sait d'ailleurs que l'état d'équilibre relatif, défini par Clairaut, pour une masse fluide hétérogène formée de couches ellipsoïdales, n'existe qu'en première approximation, en négligeant le carré des ellipticités et celui de la vitesse angulaire (³).

Dans le cas de l'existence de mouvements intérieurs au fluide, la réponse n'a pas été donnée. Les propositions de la Note récente de M. Véronnet (⁴) n'excluent pas la possibilité de satisfaire à la condition d'invariance de la vitesse angulaire sur un axe parallèle à l'axe de rotation.

Disons, en quelques mots, comment l'étude que nous avons faite de cette question nous a conduit à reconnaître l'incompatibilité de cette condition et de l'hypothèse d'une stratification ellipsoïdale.

Notre calcul, assez long, part d'une équation exprimant que le champ de la pesanteur est normal aux surfaces à densité constante. De cette équation, nous tirons l'expression de la vitesse angulaire ω dont devrait être animée une molécule que nous supposons, pour plus de simplicité, dans le plan méridien $y = 0$; ω est alors une fonction du carré x^2 de l'abscisse de cette molécule et du demi-axe polaire β de la couche homogène sur laquelle on la considère. Dans ce système de variables, la condition de M. Wavre s'exprime par l'identité $\frac{\partial \omega^2}{\partial \beta} \equiv 0$ qui doit être satisfaite quelle que soit la posi-

(¹) Hamy, *Étude de la figure des corps célestes*, Thèse, p. 9; Paris, 1887.

(²) A. Véronnet, *Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre*, Thèse, p. 16, Paris, 1912.

(³) A.-C. Clairaut, *La figure de la Terre tirée des principes de l'hydrostatique*; Paris, 1743.

(⁴) *Comptes rendus*, 184, 1926, p. 949.

tion de la molécule considérée. En particulier, en raison de la continuité de ω, elle doit être satisfaite sur l'axe de rotation Oz, pour $x^2=0$; et il en est, par suite, de même pour la condition $\frac{\partial^2\omega^2}{\partial\beta\,\partial x^2}\equiv 0$. Cette dernière identité prend la forme

$$\int_0^\beta \rho' \frac{\partial^2\Theta}{\partial\beta\,\partial x^2}\,db\equiv 0, \tag{1}$$

b désignant le demi-axe polaire d'une couche ellipsoïdale intérieure à la couche passant au point (β, x^2), ρ' désignant la dérivée par rapport à b de la densité ρ et Θ étant une fonction de b, β et x^2.

Supposons $x^2=0$; l'identité (1) n'est pas vérifiée. En effet, si elle l'était, on aurait nécessairement

$$\int_0^{\beta_i} d\beta \int_0^\beta \rho' \frac{\partial^2\Theta}{\partial\beta\,\partial x^2}\,db\equiv 0, \tag{2}$$

β_i désignant une valeur quelconque de β. Appliquons la transformation de Lejeune-Dirichlet à l'intégrale double précédente; il vient, après une simplification,

$$\int_0^{\beta_i} \rho' \left[\frac{\partial\Theta}{\partial x^2}\right]_{\beta=\beta_i} db\equiv 0. \tag{3}$$

Or, ρ' n'étant pas identiquement nul, une analyse facile permet d'affirmer que l'intégrale précédente n'est certainement pas nulle quel que soit β_i.

Notre conclusion générale se résumera donc dans la proposition suivante : *Il est impossible de concevoir les planètes comme constituées de couches ellipsoïdales homogènes, si l'on admet que le champ de la pesanteur est normal aux surfaces à densité constante.*

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les figures d'équilibre, la stratification de planètes et l'équation de première espèce.* Note [1] de M. **R. Wavre**, présentée par M. Hadamard.

Indiquons quelques équations fonctionnelles que nous croyons utiles et nouvelles pour la détermination des figures d'équilibre. Distinguons quatre degrés de difficulté du problème.

I. *Masse fluide homogène au repos.* — Soient : V le volume, S la surface

[1] Séance du 31 janvier 1927.

qui la limite; ρ la densité; a, b, c un point de V; le potentiel et sa variation s'écriront successivement :

$$U(x, y, z) = \rho \iiint_V \frac{dV}{r},$$

$$dU = \rho \iiint_V \left[\frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial x} dx + \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial y} dy + \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial z} dz \right] dV,$$

$$dU = -\rho \iiint_V \left[\frac{\partial}{\partial a}\left(\frac{dx}{r}\right) + \frac{\partial}{\partial b}\left(\frac{dy}{r}\right) + \frac{\partial}{\partial c}\left(\frac{dz}{r}\right) \right] da\, db\, dc,$$

$$dU = -\rho \iint_S \frac{\alpha\, dx + \beta\, dy + \gamma\, dz}{r} d\sigma, \qquad dU = -\rho\, ds \iint_S \frac{\cos(d, n)}{r} d\sigma;$$

α, β, γ sont les cosinus directeurs de la normale n à S au point a, b, c; d est la direction du déplacement du point x, y, z. Pour que le fluide soit en équilibre, il faut et suffit que l'on ait, pour toute direction d tangente à S,

$$\iint_S \frac{\cos(d, n)}{r} d\sigma = 0.$$

II. *Équilibre relatif d'une masse fluide homogène.* — La masse tourne d'un mouvement d'ensemble avec une vitesse angulaire constante ω. Il suffit d'adjoindre la variation du potentiel de la force centrifuge

$$\omega^2(x\, dx + y\, dy) = \rho\, ds \iint_S \frac{\cos(d, n)}{r} d\sigma.$$

III. *Équilibre relatif d'une masse fluide hétérogène.* — Distinguons la stratification, c'est-à-dire la répartition géométrique des surfaces à densité constante S_t $(0 \leqq t \leqq 1)$, et la charge, c'est-à-dire la densité $\rho(t)$ de la couche répartie sur la surface S_t. Considérons le fluide hétérogène comme une superposition de fluides homogènes remplissant les volumes V_t limités aux surfaces S_t; c'est l'extension d'un procédé de M. Hamy. Affectons d'un indice ce qui est lié aux variables d'intégration

$$U = \int_0^1 \frac{d\rho(t')}{dt'} dt' \iiint_{V_{t'}} \frac{dV_{t'}}{r} \quad \text{ou} \quad U = \int_0^1 \rho(t')\, dt' \frac{d}{dt'} \iiint_{V_{t'}} \frac{r}{dV_{t'}}.$$

L'artifice de calcul indiqué sous la rubrique I s'applique et donne

$$dU = -\int_0^1 \frac{d\rho(t')}{dt'} dt' \iint_{S_{t'}} \frac{\cos(d, n')}{r} d\sigma',$$

$$dU = \int_0^1 \rho(t')\, dt' \frac{d}{dt'} \iint_{S_{t'}} \frac{\cos(d, n')}{r} d\sigma'.$$

En exprimant que le potentiel est constant sur chaque S_t, on obtient l'équation

$$\omega^2\left(x\frac{dx}{ds}+y\frac{dy}{ds}\right)=\int_0^1 \frac{d\rho(t')}{dt'}dt'\int\int_{S_{t'}}\frac{\cos(d, n')}{r}d\sigma'.$$

Soient u, v, t les paramètres de représentation de la surface S_t. Il faut et suffit que l'équation précédente soit vérifiée quelles que soient la valeur de t et les différentielles du et dv. Elle se décompose en une (cas des surfaces de révolution) ou deux équations de la forme

$$F(t, u, v)=\int_0^1\int_0^1\int_0^1 H(t')\Phi(t, u, v, t', u', v')\,dt'\,du'\,dv';$$

c'est une équation de Fredholm de première espèce, si l'on considère la stratification comme donnée. Le problème essentiel est la recherche de la stratification. Il se mue en la recherche des noyaux

$$\int\int_{S_{t'}}\frac{\cos(d, n')}{r}d\sigma',$$

qui assurent l'existence d'une charge $\rho(t')$. La théorie des équations intégrales rend probable qu'il n'y a que des stratifications très spéciales qui provoqueront un mouvement tel que nous le voulons quand, encore, on les aura chargées convenablement.

IV. *Le cas général.* — Il ne diffère du précédent que par ceci : ω est variable, mais ne dépend que de la distance à l'axe $\omega=f(x^2+y^2)$. Les surfaces S_t sont alors de révolution et l'unique équation de Fredholm donne lieu aux mêmes remarques que ci-dessus.

MAGNÉTISME. — *Appareil à lecture directe pour la mesure des champs magnétiques. Gaussmètre.* Note de M. **Gaston Dupouy**, présentée par M. A. Cotton.

On peut mesurer l'intensité d'un champ magnétique par une simple lecture sur un cadran gradué en utilisant un appareil fondé sur le principe suivant : Un cristal mobile autour d'un axe convenablement choisi et placé dans un champ magnétique uniforme est soumis à un couple proportionnel au carré du champ qui tend à l'orienter. On oppose à ce couple un couple antagoniste dû à la torsion d'un fil ou à un ressort spiral. Pour chaque valeur du champ, il y a une position déterminée d'équilibre.

J'ai utilisé jusqu'à présent du carbonate de fer cristallisé (sidérose d'Allevard). Ce cristal, rhomboédrique, possède en effet l'avantage d'avoir une anisotropie particulièrement marquée : la différence des coefficients principaux d'aimantation a pour valeur

$$\chi_1 - \chi_2 = 47,89 \cdot 10^{-6} \text{ à } 16°,7 \text{ C.}$$

L'axe géométrique de rotation de l'appareil est disposé perpendiculairement au plan contenant l'axe ternaire du cristal et la direction des lignes de force ; soit dans ces conditions θ_0 l'angle que forme l'axe du cristal, sous la seule action du spiral, lorsque le champ n'est pas établi, avec la direction que prendront les lignes de force lorsqu'on l'établira. Quand on fait agir le champ, le cristal tourne d'un angle ρ. Son axe fait maintenant avec les lignes de force un angle $\theta = \theta_0 - \rho$ et l'on sait que dans ces conditions on aura

$$\frac{1}{2} m \mathrm{H}^2 (\chi_1 - \chi_2) \sin 2(\theta_0 - \rho) = \mathrm{C}\rho, \qquad (1)$$

où m désigne la masse du cristal ; H, l'intensité du champ magnétique et C, la constante de torsion du spiral. La valeur de ρ s'obtient par exemple graphiquement en cherchant le point d'intersection de la sinusoïde

$$y_1 = \sin 2(\theta_0 - \rho) \qquad (2)$$

avec la droite

$$y_2 = \frac{2\mathrm{C}\rho}{m \mathrm{H}^2 (\chi_1 - \chi_2)}. \qquad (3)$$

On voit qu'il y a dans l'équation (1) une constante arbitraire θ_0. En modifiant à volonté la position initiale du cristal, on peut donc changer la valeur de l'angle ρ qui correspond à l'équilibre. D'où la possibilité d'obtenir différentes graduations, avec des régimes variables dans la sensibilité de l'appareil.

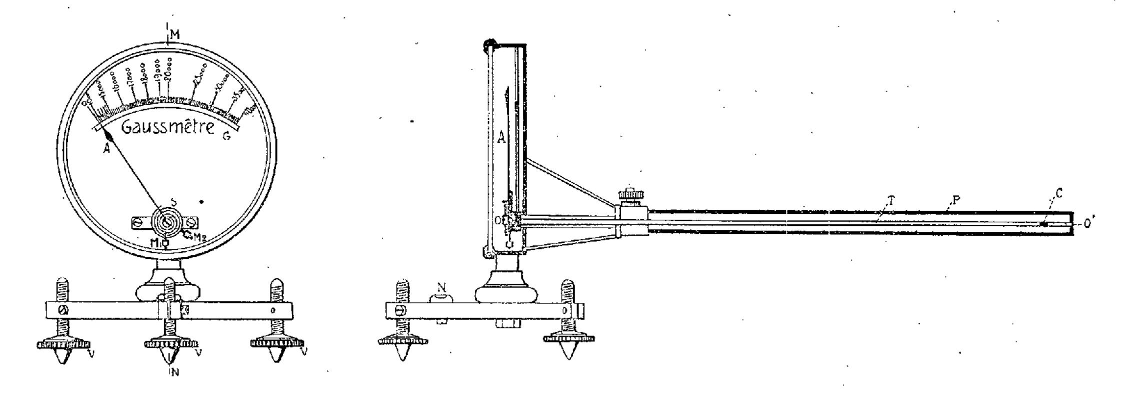
Description : Le cristal est fixé à l'intérieur d'un tube T portant deux chapes placées à chaque extrémité et mobiles sur deux pointes coniques O, O'. La potence P, au bout de laquelle est fixé l'un des pivots O', se compose d'un simple tube de laiton sur la moitié duquel on a taillé un méplat, laissant ainsi apparaître à l'intérieur le tube T. L'épaisseur de ce méplat est telle que la potence, dans cette région, déborde légèrement de part et d'autre du tube T assurant ainsi sa protection ; elle est cependant assez faible (3^mm environ) pour que l'appareil puisse être utilisé dans la mesure des champs d'électro-aimants produits dans des entrefers étroits.

Le tube T porte enfin une aiguille A fixée sur lui par un collier de serrage et deux

petites masselottes M et M′ permettent de placer le centre de gravité de l'équipage mobile sur l'axe de rotation OO′, en vue d'éviter toute action orientante due à la pesanteur. L'aiguille se déplace devant un cadran gradué G; dans sa rotation, elle entraîne le spiral S. L'appareil tout entier est supporté par trois vis calantes V et un niveau à bulle N permet de lui donner une orientation initiale déterminée.

L'appareil est gradué par comparaison avec les indications données par un fluxmètre, étalonné lui-même, avec sa bobine d'exploration, au moyen d'un champ mesuré initialement en valeur absolue en utilisant la balance de M. Cotton.

Les avantages de l'appareil résultent de ce que la lecture directe permet de faire les mesures très rapidement. On peut très vite explorer, point par point, un champ magnétique lorsque celui-ci est intense; car alors on peut employer un cristal tout petit. (Dans l'appareil présenté, le cristal a la



forme d'un cylindre de $2^{mm},5$ de diamètre et de 3^{mm} de longueur.) Cet appareil pourrait de même être utilisé, en fixant au besoin un miroir sur l'axe, pour enregistrer les variations d'un champ magnétique.

Il a actuellement l'inconvénient que les lectures doivent subir une correction de température. Le couple magnétocristallin, dans le cas de la sidérose, décroît en fonction de la température. [On peut admettre, autour de 17°, un taux de variation de 0,7 pour 100 par degré (1)]. Je pense qu'on pourra s'affranchir de cette correction en associant au besoin deux cristaux ayant des variations thermiques opposées. J'ai trouvé en effet que l'oligiste Fe^2O^3 est soumise dans un champ magnétique à un couple qui croît quand la température s'élève.

---

(1) Cette valeur s'accorde sensiblement avec celle que l'on peut déduire des mesures faites précédemment sur la sidérose par G. Foëx.

Remarques sur la Communication précédente de M. G. Dupouy, par M. **A. Cotton**.

Je mets sous les yeux de l'Académie un des appareils que M. Dupouy a étudiés et étalonnés dans mon Laboratoire : ce modèle a déjà été utilisé cette année pour déterminer la topographie des champs donnés par le modèle réduit du gros électro-aimant que l'Académie des Sciences fait construire actuellement. L'instrument de M. Dupouy a été très utile au cours de ces mesures que j'ai faites cette année à Bellevue.

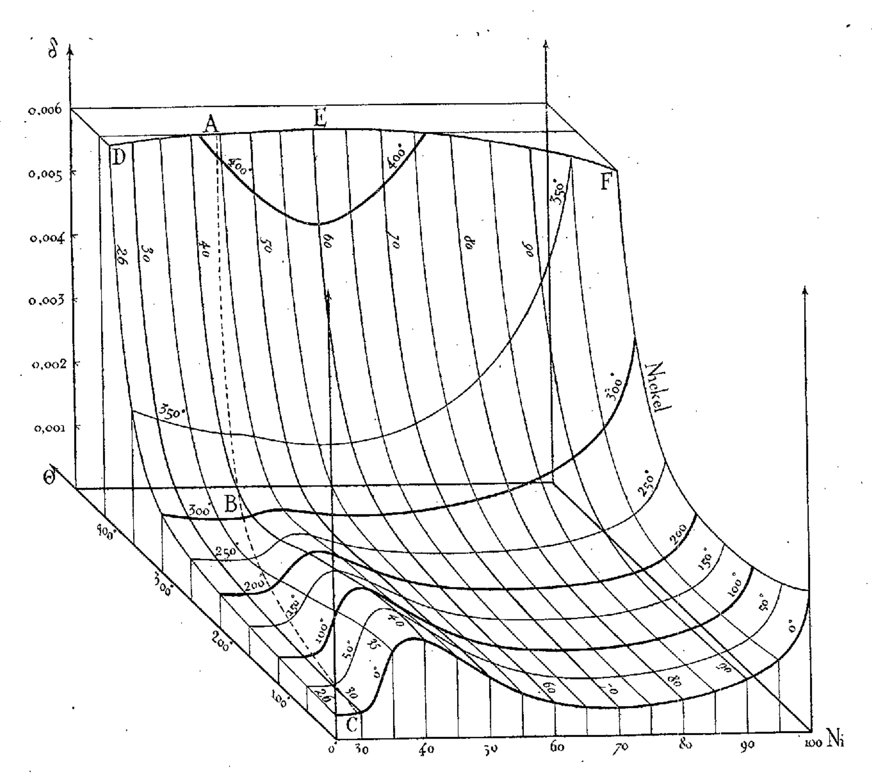
On peut utiliser les phénomènes magnétocristallins dans d'autres mesures électriques. Tout d'abord la mesure des *inductions* dans des échantillons de fer pourra se faire évidemment en utilisant des appareils fondés sur le même principe : la mesure d'une induction peut en effet être ramenée à la mesure d'un champ. Je pense d'autre part que l'on pourrait mesurer les intensités de courant *très intenses* en mesurant directement le champ qu'ils produisent dans le voisinage immédiat des conducteurs où ils circulent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Anomalie du frottement interne des ferronickels réversibles*. Note de M. **Pierre Chevenard**, présentée par M. Le Chatelier.

A température ordinaire, le frottement interne des ferronickels réversibles, déterminé par la méthode du pendule de torsion et caractérisé par le décrément, varie d'une manière compliquée avec le titre des alliages. Le diagramme « décrément-teneur en nickel » présente un maximum très net vers 38 pour 100 Ni, sensiblement à l'aplomb des minima de la densité et des modules d'élasticité. Il existe donc une anomalie du frottement interne des ferronickels, en relation évidente avec leur transformation magnétique réversible. Je me suis proposé d'étudier cette anomalie dans le domaine de température où le décrément est relativement faible, c'est-à-dire au-dessous de 400°.

Le choix des alliages d'essai et le traitement des échantillons requièrent de minutieuses précautions, car le frottement interne des métaux est très sensible aux influences secondaires : état d'oxydation, présence de scories incluses, histoire thermique et mécanique des fils, etc.

Le diagramme qui groupe les résultats de mes expériences représente une perspective de la surface décrément-température-teneur en nickel, figurée par deux familles de courbes, qui révèlent, par un plissement important de cette surface, l'anomalie du frottement interne. La ligne ABC est telle qu'elle se projette sur le plan température-teneur en nickel suivant la courbe des points de Curie.



Variation du décrément des ferronickels en fonction de la température et de la teneur en nickel.

Le décrément des alliages paramagnétiques croît régulièrement avec la température, suivant la loi accélérée notée dans les substances normales.

Quand on pénètre dans le domaine de l'état ferromagnétique, en traversant la ligne ABC, on rencontre les alliages anormaux, dont le décrément est élevé à température ordinaire. Mais leur anomalie tend à s'atténuer quand la chauffe les fait évoluer vers l'état paramagnétique. Cette action physico-chimique peut être assez intense pour masquer la croissance thermique normale du frottement interne; en effet, comme l'a déjà signalé

F. Robin ([1]), le décrément de certains ferronickels diminue entre la température ordinaire et le point de Curie : tel est le cas de l'alliage à 35 pour 100 Ni. La réaction thermomagnétique achevée, les courbes décrément-température reprennent leur allure ascendante normale; c'est pourquoi la ligne ABC jalonne les coudes des isothermes.

Aux teneurs supérieures à 60 pour 100 Ni, l'anomalie devient négligeable et l'on retrouve, à l'extrémité droite du diagramme, les particularités observées dans l'étude des solutions solides normales ([2]). A mesure que la teneur en fer tend vers zéro, les isothermes se relèvent rapidement et la croissance accélérée du décrément commence à température de plus en plus basse. Ce dernier résultat ressort avec évidence de la courbe DEF, section de la surface du décrément par le plan $\delta = 0{,}006$.

Le maximum des isothermes rétrograde du côté du fer quand la température diminue. Par analogie avec les diagrammes de la densité et des modules d'élasticité ([3]), on peut prévoir qu'il se placerait sur l'ordonnée de Fe^2Ni, si les expériences étaient poursuivies aux très basses températures. Les anomalies de ces différentes propriétés sont donc déterminées par la même réaction physico-chimique.

Pour interpréter les propriétés anomales des ferronickels, j'ai proposé l'hypothèse d'une transformation progressive et réversible d'une forme α stable au zéro absolu en une forme isomorphe β, stable à chaud ([4]). Dans les alliages voisins de Fe^2Ni, la réaction $\alpha \rightarrow \beta$ s'effectue avec condensation et avec accroissement des modules d'élasticité, comme le prouve l'existence des alliages à dilatabilité presque nulle et à coefficient thermo-élastique positif. Les expériences relatées dans cette Note montrent que la forme α, moins dense et moins rigide que β, est aussi pourvue d'un frottement interne plus important.

([1]) F. Robin, *Variations de la hauteur et de la durée du son dans les aciers en fonction de la température. Diapason invariable* (*Journal de Physique*, 5e série, 2, 1912, p. 298). L'allure tourmentée des courbes de durée du son, obtenues par F. Robin pour certains aciers au nickel, a probablement pour cause l'état partiellement écroui de ses échantillons.

([2]) P. Chevenard et A. Portevin, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 780.

([3]) P. Chevenard, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 594, et P. Chevenard et A. Portevin, *loc. cit.*

([4]) P. Chevenard, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1655.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques silices anhydres renfermant des argiles. Composition des ocres.* Note [1] de M. **A.-P. Bigot**, présentée par M. C. Matignon.

Certaines roches siliceuses renferment fréquemment de l'argile en proportions variables; il en est de même des silices globulaires, des silices d'infusoires et des silices de diatomées.

Le grès quartziteux de Perrières (Calvados) contient 95,95 pour 100 de silice, 2,65 pour 100 d'alumine, 1,19 pour 100 de chaux, de magnésie et d'oxyde de fer; il perd à la calcination 1,20 pour 100 d'eau et de matières organiques. Chauffé à 1600° son volume s'accroît de 18,20 pour 100.

Nous avons porphyrisé des fragments variés de cette roche et les avons passés au tamis de soie. Les particules ayant traversé le tamis ont été traitées par la lévigation; les plus fines, demeurées quelques heures en suspension dans l'eau, ont été recueillies.

A l'analyse on y trouve : 76,90 pour 100 de silice libre, 9,50 pour 100 de silice combinée, 7,60 pour 100 d'alumine, 2,51 pour 100 de chaux, de magnésie et d'oxyde de fer; 3,12 pour 100 d'eau et de matières organiques. Ce mélange est formé de 76,90 pour 100 de silice et de 23,10 pour 100 d'argile que le broyage a libérée et qui a été entraînée par la lévigation avec des parties fines de roches; il est plastique et, à l'état de pâte molle, il prend du retrait au séchage. Une éprouvette sèche, faite avec ce mélange, et portée à 1600° prend un retrait volumétrique de 13,45 pour 100, dû à la contraction de l'argile.

Des silex, recueillis dans un gisement de silice globulaire des Mesnes (Indre), sont formés d'une masse amorphe, présentant de nombreux cristaux de calcédonite qui agit sur la lumière polarisée. Après séchage jusqu'à poids constant, ils perdent à la calcination 1,45 pour 100 d'eau combinée et de matières organiques.

On porphyrise ces silex et on les passe au tamis n° 300; la poudre impalpable, ainsi obtenue, est séchée, pesée et traitée par une solution de soude caustique à 5 pour 100 pendant une heure à 100°. La soude dissout la silice amorphe seule, soit 66,30 pour 100 du poids total. La partie inattaquée, soit 33,70 pour 100, est constituée par un mélange de 24,30 pour 100 de

---

[1] Séance du 7 février 1927.

calcédonite inattaquée et de 9,40 pour 100 d'argile; on trouve à l'analyse du résidu 28,30 de silice totale, 3,54 d'alumine, 0,46 de chaux, magnésie, oxyde de fer, 1,40 d'eau et de matières organiques; ce chiffre de 1,40 représente la totalité des matières contenues dans le silex avant l'attaque et qui disparaissent à la calcination; ce sont un peu de matières organiques et surtout de l'eau combinée dans l'argile.



La proportion d'argile renfermée dans les silex de Berneçay (Indre-et-Loire) atteint jusqu'à 16 pour 100 du poids de ces silex.

La silice globulaire des Mesnes se présente dans les carrières sous forme de poudre légère ou d'agglomérés légers et friables. Au microscope, on y aperçoit des conglomérats de silice amorphe, mélangés avec une petite proportion de calcédonite qui agit sur la lumière polarisée.

La figure ci-dessus représente, agrandis mille fois, des conglomérats de cette silice amorphe.

Cette silice, passée au tamis n° 300, puis séchée jusqu'à poids constant, perd 1,90 pour 100 de son poids d'eau et de matières organiques à la calcination; celles-ci s'y trouvent en très faible proportion.

Une solution de soude caustique à 5 pour 100 dissout 82,10 pour 100 de cette silice sèche et passée au tamis n° 300, après un quart d'heure d'ébullition.

La portion inattaquée, soit 17,90 pour 100, renferme 3,4 parties de calcédonite inattaquée et 14,5 d'argile, perdant à la calcinatiou 1,90. La silice globulaire dissoute est anhydre.

La silice globulaire de Thauvenay, près de Sancerre; est encore plus riche en argile. Elle en contient 28 pour 100; elle est plastique et employée comme argile réfractaire.

Les silices de diatomées et celles d'infusoires renferment également des proportions variables d'argile.

A la température de 1400° les calcédonites de ces silex et de ces silices sont transformées et n'agissent plus sur la lumière polarisée.

Nous avons reconnu que les ocres sont un mélange de silice globulaire, de calcédonite, d'argile et d'hydrate de fer. On les traite d'abord au bain-marie par l'acide chlorhydrique étendu, qui dissout l'hydrate de fer seul; après filtration, la partie insoluble, qui constitue une silice globulaire argileuse est traitée par la soude, puis le reste est analysé.

Les diverses variétés de silice qui font l'objet de cette étude sont anhydres et se sont agglomérées ou déposées dans des milieux argileux. Nous proposons de continuer ces recherches en étudiant des roches siliceuses d'autres provenances.

CHIMIE MINÉRALE — *Sur la déshydratation et l'hydratation de quelques platocyanures*. Note de M. **Paul Gaubert**, présentée par M. Fred. Wallerant.

Habituellement un cristal d'une substance hydratée, chauffé dans un liquide inerte, comme la paraffine fondue, la vaseline, la naphtaline monobromée, etc., perd son eau à une température plus élevée que dans l'air ambiant et le produit de la déshydratation partielle ou complète semble se conserver indéfiniment dans le liquide (gypse, minéraux du groupe de l'autunite, etc.). Il n'en est pas ainsi avec les hydrates de quelques platocyanures; déshydratés dans un liquide inerte, ils peuvent reprendre leur eau dans certaines conditions, fait mis facilement en évidence par les couleurs vives et particulières à chaque hydrate.

Pour étudier l'effet de l'immersion dans un liquide, les cristaux de l'hydrate, petits ou réduits en poudre s'ils sont trop gros, sont montés comme une préparation ordinaire, sur une lame de verre et recouverts d'une lamelle couvre-objet, le liquide occupant la place du baume de Canada. La préparation est chauffée sur une platine électrique, munie d'un thermomètre et disposée sur celle d'un microscope polarisant, ce qui permet de suivre toutes les modifications des cristaux.

Suivant la nature du platocyanure et de ses hydrates, la différence des températures de déshydratation dans le liquide et dans l'air (tension de vapeur voisine de 11^{mm}) est plus ou moins élevée et par conséquent le domaine de stabilité de l'hydrate est plus ou moins étendu. Ainsi les cris-

taux de platocyanure de baryum à $4H^2O$, se déshydratant à l'air avant 70°, peuvent être chauffés jusqu'à 105°. A cette température il se produit l'hydrate à $2H^2O$ dont les cristaux s'orientent sur les premiers, dont les contours, la transparence et l'homogénéité sont parfaitement conservés, mais la couleur est un peu plus jaune, le polychroïsme plus accentué et l'orientation optique différente. Cet hydrate est stable dans le liquide.

Le domaine de stabilité des cristaux de platocyanure de lithium et de potassium à $3H^2O$ est aussi très augmenté. Alors qu'à l'air ils se déshydratent partiellement avant 60°, ils peuvent être chauffés jusqu'à 130° sans se modifier dans un liquide. Cependant la couleur réfléchie change, elle passe de l'orangé au vert vers 70° et reprend sa teinte primitive par refroidissement, comme s'il s'agissait d'une véritable transformation polymorphique, que l'augmentation du domaine de stabilité de l'hydrate permettrait de mettre en évidence. D'autre part, avec les cristaux de platocyanure d'yttrium à $21H^2O$, les phénomènes sont encore plus nets. Ils perdent leur belle couleur rouge cerise dans un liquide inerte à 72° (dans l'air vers 48°) en se transformant brusquement en petits cristaux incolores, isométriques, n'ayant aucune orientation commune avec les cristaux primitifs. Aucun dégagement de bulles de vapeur d'eau n'est visible au microscope et il semble bien qu'il y a là une transformation polymorphique. Par refroidissement, aux dépens des cristaux incolores (modification β), les cristaux rouges (modification α) se reforment très rapidement à partir du moment où la transformation commence et qui se produit quelques minutes après le refroidissement. Fréquemment la forme rouge réapparaît sous forme de fibres rayonnant autour d'un centre et rappelant ainsi un sphérolite et parfois aussi avec la forme du cristal primitif. Il se produit donc, dans ce cas, un phénomène analogue à celui que montrent les deux modifications polymorphiques du bichromate de cæsium (G. Wyrouboff). Si la préparation est chauffée au voisinage de 100°, de l'eau se dégage et par refroidissement il se passe un fait inattendu, les cristaux rouges à $21H^2O$ se reforment au bout d'un temps plus ou moins long.

Le platocyanure de magnésium montre aussi ce curieux phénomène d'hydratation. Les cristaux rouges à $7H^2O$ immergés dans un liquide inerte passent à la forme verdâtre à $4H^2O$ (vers 48°) étudiée par Tammann et non à l'hydrate à $5H^2O$. Par refroidissement les cristaux à $7H^2O$ se reforment. L'orientation des cristaux est la même dans les deux hydrates. De même les cristaux à $4H^2O$ chauffés vers 88° passent à la forme à $2H^2O$ dont les cristaux n'ont aucune orientation avec les précédents (quadra-

tiques, optiquement négatifs et aplatis suivant la base) et réapparaissent à la température ordinaire.

Aucune des modifications obtenues avec le platocyanure de magnésium, bien qu'elles donnent par refroidissement l'hydrate dont on est parti, ne paraissent dues à une transformation polymorphique. Il s'agit bien, comme le confirme l'étude des cristaux des différents hydrates, de phénomènes de déshydratation et d'hydratation.

Comment peut se produire l'hydratation dans un milieu en apparence anhydre? S'il ne s'agissait que de la naphtaline monobromée et d'autres corps liquides à la température ordinaire, on pourrait supposer que les molécules du liquide passent dans le cristal comme dans les zéolites, mais les cristaux s'hydratent dans la paraffine solidifiée. Il faut donc admettre que l'eau dégagée par le cristal est adsorbée soit par le produit déshydraté, soit par la surface du liquide en contact avec ce dernier, ce qui augmente le domaine de stabilité de l'hydrate, soit par les deux. Comme la nature du liquide inerte semble ne pas avoir une grande influence sur la rapidité de l'hydratation, l'adsorption de l'eau par le produit déshydraté doit jouer un rôle prépondérant.

OCÉANOGRAPHIE. — *Densimétrie en mer Tyrrhénienne.* Note de M. J. **Thoulet**, présentée par M. L. Joubin.

La densimétrie sous forme graphique de diagrammes et de profils en long permet à simple vue de se représenter le régime des courants marins et la volcanicité en un lieu quelconque de l'Océan. Un essai de ce genre de travail a été fait pour la mer Tyrrhénienne d'après les sondages densimétriques effectués en 1908-1910 à bord du navire danois *Thor* sous la haute direction du professeur Johs Schmidt.

Les conclusions sont les suivantes :

Quatre ouvertures font communiquer la mer Tyrrhénienne avec les mers voisines : 1° le détroit de Messine avec la mer Ionienne; 2° le détroit de Bonifacio avec la Méditerranée occidentale; 3° le détroit de Trapani avec la Méditerranée du sud et l'océan Atlantique au détroit de Gibraltar; 4° le détroit de l'île d'Elbe avec la mer de Ligurie.

Le courant de Bonifacio est sans grande importance.

Le courant du détroit de Messine (salure = 0,0309; $\theta = 14°,0$) vient des profondeurs de la mer Ionienne, monte vers la surface, franchit le détroit et forme dans le golfe des îles Lipari un tourbillon isolé.

Le courant principal de la mer Tyrrhénienne arrive de l'Atlantique par le détroit de Gibraltar; peu salé et chaud (salure = 0,0296; $\theta = 14°,5$) il longe l'Algérie et la Tunisie, puis entre le cap Carbonara de Sardaigne et la pointe occidentale de la Sicile, il pénètre en partie dans la mer Tyrrhénienne, longe les côtes orientales de la Sardaigne et de la Corse (salure = 0,0306; $\theta = 12°,8$), va heurter la côte d'Italie vers Civita-Vecchia (salure = 0,0306; $\theta = 13°,1$), est renvoyé contre la Corse et de là au détroit de l'île d'Elbe (salure = 0,0305; $\theta = 13°,8$), d'où il passe dans la mer de Ligurie.

Le détroit de l'île d'Elbe sert de passage à un simple courant de sortie de l'eau entrée par le détroit de Trapani.

Les données densimétriques et le relief sous-marin sont d'accord pour faire du sol de la Méditerranée entière un vaste bassin d'effondrement en voie de comblement par les fleuves qui y déversent leurs troubles. Son sol et en partie celui de la mer Tyrrhénienne, en outre de ses volcans actifs tels que Santorin, est un véritable champ de mofettes émettant certainement de fortes masses d'eau douce ou peu salées, de l'acide carbonique et probablement aussi de l'acide sulfhydrique comme dans la mer Noire. Des recherches spéciales au point de vue de ces gaz, qui, à ma connaissance, n'ont pas encore été abordées, s'imposent tant au bénéfice de la science pure qu'à celui de l'industrie rationnelle des pêches, car si ces dégagements gazeux ont lieu réellement, les êtres vivants doivent fuir certaines localités profondes comme ils le font en mer Noire et même dans les lacs d'eau douce à acide sulfhydrique, celui de la Girotte par exemple, près du mont Blanc, dont les truites se tiennent uniquement dans les couches superficielles. L'acide carbonique de l'Océan est surtout d'origine interne et, d'après les moyennes des dosages effectués par le *Challenger*, dans l'ensemble des mers du globe, j'ai reconnu que ce gaz était plus abondant au contact du sol que dans les couches intermédiaires et superficielles.

CLIMATOLOGIE. — *Observations comparatives de la radiation lumineuse au bord de la mer et à l'intérieur des terres.* Note de M. **Besson** (¹), présentée par M. d'Arsonval.

C'est un fait bien connu que, dans les belles journées, il se forme au-dessus de la terre ferme des nuages produits par les courants ascendants partis

(¹) Séance du 7 février 1927.

du sol échauffé (cumulus), tandis que le ciel reste clair au-dessus de la mer.

En conséquence, le Soleil doit être moins souvent caché par les nuages au bord de la mer qu'à l'intérieur des terres et la radiation totale — toutes choses égales d'ailleurs — doit y être plus grande.

Ce point, intéressant pour la climatologie des stations marines, n'avait, semble-t-il, été jusqu'à présent l'objet d'aucune recherche. Pour l'élucider, des observations comparatives ont été organisées l'été dernier à Dieppe et à Longueville-sur-Scie, localité située à 18^{km} dans l'intérieur.

Les deux stations étaient munies de lucimètres Bellani-Henry, à boule en verre incolore, choisis parmi les mieux construits, soigneusement étudiés à l'avance, et qui ont été comparés de nouveau après usage. Lorsqu'ils fonctionnent côte à côte, l'un d'eux distille très régulièrement 2 pour 100 de plus que l'autre. On a naturellement tenu compte de ce fait ainsi que de la diminution progressive de sensibilité que présentent, comme tous les autres, ces deux lucimètres à mesure que la quantité d'alcool distillé augmente. De plus, les tables de réduction ramènent toutes les lectures à celles qu'aurait fournies l'étalon de l'Observatoire de Montsouris.

Les deux instruments étaient exposés à $1^m,50$ de hauteur, dans des conditions aussi identiques que possible, celui de Dieppe sur la partie gazonnée de la plage, celui de Longueville dans un jardin herbeux près de la rivière. Durant les trois mois de juillet, août et septembre, ils ont été lus chaque jour à 9^h et à 17^h (T. M. G.). On les remettait au zéro après la lecture de 17^h. On n'a utilisé que les distillations observées de 9^h à 17^h, laps de temps pendant lequel le Soleil n'était masqué par aucun objet terrestre. On a pris en outre la précaution d'interchanger les deux lucimètres au milieu d'août.

Tous les nombres qui vont être cités représentent des centimètres cubes d'alcool [1].

Les résultats sont les suivants :

	Juillet.	Août.	Septembre.	Ensemble.
Rad. moy. par jour à Dieppe...	14,6	15,4	10,8	13,62
Écart pour 100 à Longueville...	— 8,3	— 3,9	— 3,1	— 5,3

(1) D'après des comparaisons faites à Antibes et à Cuba entre des lucimètres Bellan et des pyrhéliomètres donnant la radiation en calories, M. Henry a trouvé que la distillation de 1^{cm^3} exigeait environ 23 calories.

En moyenne, dans chacun des trois mois, il y a donc eu plus de radiation au bord de la mer que dans l'intérieur.

Les indications de l'héliographe que possède la station de Dieppe permettent de classer les journées d'après la fraction du temps pendant laquelle le Soleil y a brillé.

Fraction d'insolation	0.	$\frac{1}{8}$.	$\frac{3}{8}$.	$\frac{5}{8}$.	$\frac{7}{8}$	1.
Nombre de jours	13	15	17	15	16	16
Rad. moy. par jour à Dieppe	5,6	8,8	12,4	13,0	19,4	20,6
Écart pour 100 à Longueville	+ 1	−10	−11	− 6	− 4	− 2

On voit que : par ciel couvert, il n'y a pas de différence sensible; quand le Soleil brille moins de la moitié du temps, la radiation est, sur le littoral, supérieure d'environ 10 pour 100 à sa valeur dans la campagne voisine. Pour des fractions d'insolation plus grandes, l'écart reste de même sens mais diminue progressivement.

On s'explique ce dernier résultat en examinant plus en détail ce qui s'est passé lorsque le ciel est resté constamment sans nuage dans les deux stations (8 jours). Dans ce cas, 7 fois sur 8 la radiation a été moins grande à Dieppe qu'à Longueville (moyennes 20,6 et 21,2, écart + 3 pour 100). Dans les 8 autres cas de ciel clair à Dieppe, il y a eu quelques nuages à Longueville où la radiation a présenté en moyenne un écart de — 7 pour 100.

La transparence de l'air (pour les rayons que mesure le Bellani) *paraît donc moins grande au bord de la mer et, si la radiation y est en moyenne plus grande, c'est que la nébulosité y est plus faible.*

Quand le Soleil brille sans interruption, la radiation à Dieppe est à peu près la même, que le vent souffle de la terre ou de la mer :

	Vent de terre.	Vent de mer.	Variable.
Nombre de jours	7	8	1
Radiation moyenne à Dieppe	20,8	21,1	17,7
Radiation moyenne à Longueville	21,4	19,4	19,0

Ces journées d'insolation ininterrompue ont fourni, à Dieppe, une ra-

diation moyenne de 24,5 en juillet, 20,9 en août et 15,9 en septembre. La diminution est beaucoup plus grande que ne le comporte l'abaissement progressif du Soleil.

BOTANIQUE. — *Le phytoplancton du Thouet, affluent de la Loire.* Note de M. **Jean des Cilleuls**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Depuis plus d'un an et parallèlement à nos recherches relatives à la Loire, nous avons entrepris l'étude du phytoplancton du Thouet, rivière de la région de Saumur, qui se jette dans la Loire en aval de la ville.

Nous avons examiné 48 échantillons prélevés régulièrement depuis la fin d'avril 1925 jusqu'à la fin de décembre 1926 inclusivement.

Ces pêches, de même que diverses récoltes dans les « boires », sur les pierres et les herbes des rives de la Loire, avaient surtout pour but de nous aider à préciser l'origine des organismes rencontrés dans le plein courant du fleuve.

Caractères de la rivière et de son phytoplancton. — Chaque année le Thouet est sujet à de fortes crues. Leur fréquence est d'autant plus marquée qu'il est subordonné lui-même dans ses étiages, non seulement aux apports de son propre bassin, mais encore aux oscillations du niveau de la Loire dont les crues viennent gêner le débit de ses eaux à son confluent. Aussi pendant plusieurs mois de l'année, le Thouet déborde et les prairies riveraines sont submergées.

En été par contre, et grâce aux divers barrages ou écluses placés sur son parcours, il garde un étiage suffisamment élevé, et ses eaux calmes s'écoulent entre des rives herbues, sous des plantes aquatiques assez abondantes.

La quantité des détritus variés qu'on y trouve pendant la plus grande partie de l'année l'emporte sur celle du plancton dont l'ensemble est constitué par les Diatomées en nombre assez élevé.

Les Protococcacées, les Desmidiées, les Flagellées, les Cyanophycées, sont peu abondantes et les Dinoflagellées y sont rares ainsi que les Chrysomonadiées.

Au cours de la période envisagée, les espèces déterminées dans le courant s'élèvent aux chiffres suivants :

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 649-651.

Diatomées	116
Protococcacées	22
Desmidiées	10
Cyanophycées	7
Flagellées	11
Dinoflagellées	6
Chrysomonadinées	2

Variations saisonnières. — Le plancton du Thouet présente des différences suivant les mois de l'année, et sa périodicité peut être résumée en deux phases :

Phase hivernale (fin octobre à juin) à Diatomées et *Synura Uvella*;

Phase estivo-automnale (juin à mi-octobre) à Protococcacées, Diatomées et Volvocacées coloniales.

Les espèces particulièrement abondantes de chaque période sont les suivantes, par ordre de fréquence :

Synedra Ulna Ehr., *Synura Uvella* Ehr., *Melosira varians* Ag., *Gyrosigma attenua tum* Kütz, (première période).

Melosira italica Kütz., *Melosira varians* Ag., *Synedra Ulna* Ehr., Surirelles, *Pandorina morum* Bory., *Eudorina elegans* Ehr., *Dinobryon divergens* Iwan., *Scenedesmus quadricauda* Breb., *Cœlastrum microporum* Naeg. (seconde période).

Comparaison entre le phytoplancton du Thouet et celui de la Loire. — Le phytoplancton du Thouet rappelle, durant les mois d'hiver, celui de la Loire dans la région Saumuroise. Il s'en éloigne au cours de la période estivo-automnale, pendant laquelle il prend les caractères des rivières à cours lent, ou des étangs, et où son développement est beaucoup plus sensible que dans la Loire à la même époque.

En général, pour une même quantité d'eau filtrée, la proportion d'organismes vivants est plus considérable dans le Thouet que dans la Loire.

Le Thouet est plus pauvre en espèces et plus riche en individus d'une même espèce, particulièrement en ce qui concerne les Flagellées, les Chrysomonadinées et Surirelloïdées.

Un certain nombre d'espèces réprésentées dans le Thouet par des échantillons assez nombreux et en pleine vitalité ne se rencontrent dans la Loire qu'à l'état de quelques individus, offrant des indices de vitalité amoindrie.

Le peu de fréquence et la faible quantité de *Fragilaria crotonensis* Ku., *d'Ankistrodesmus falcatus* Ralfs, la moindre abondance de *Flagilaria cons-*

truens Ehr., et l'absence de *Ceratoneis Arcus*, Kütz., trouvé communément dans la Loire pendant les premiers mois de l'année, sont à noter également parmi les caractères différentiels des phytoplanctons du Thouet et de la Loire, dans la même région, et dans l'espace de temps envisagé.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur les divers modes de digestion des grains d'amidon dans les cellules végétales.* Note de M. A. **Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

Il existe divers processus de digestion bien connus des grains d'amidon, à l'intérieur des cellules végétales. On peut les rattacher à deux types : la digestion périphérique qui respecte la régularité du contour du grain ainsi que sa densité intérieure et la digestion interne qui se traduit par une corrosion irrégulière du contour du grain, la formation de fentes de dislocation ou d'érosion profonde, la dissolution lente, régulière ou non, du grain dans toute sa masse. Trois hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer ces deux modes de digestion : 1° la nature de l'amidon qui, en raison de sa contexture, serait plus perméable à l'amylase dans le cas de digestion interne ; 2° la nature de l'amylase qui serait de qualité différente ; 3° l'existence, dans le cas de digestion périphérique, d'une action régulatrice du stroma plastidal.

La première hypothèse, soutenue par A. Meyer, est en contradiction avec cette expérience, que dans les rejets de Pomme de terre transportés sur du buvard humide, on trouve des cellules où les grains d'amidon développés au moment de la formation du rejet, se dissolvent suivant le type périphérique ou suivant le type interne, selon que le rejet est jeune ou âgé, et avec cette constatation que, dans les cotylédons frais verdissants de Haricot ou dans les hypocotyles frais du Pois à grain ridé, des grains d'amidon, identiques à la fin de leur développement, peuvent, dans une même cellule, se dissoudre suivant l'un ou l'autre type. Ces dernières observations éliminent d'ailleurs également la seconde hypothèse.

Il ne reste donc que la troisième qui fait intervenir le stroma plastidal, et que suggèrent d'ailleurs avec force mes observations antérieures sur la digestion des grains d'amidon de réserve dans les cotylédons de Haricot verdissants à l'état frais. Pour expliquer dans cette dernière conception les phénomènes observés, il est nécessaire de supposer que dans le cas de digestion périphérique, le stroma du plaste possède vis-à-vis de l'amylase

une propriété adhésive, qui fixe cette diastase et l'empêche de pénétrer à l'intérieur du grain; cette propriété disparaissant ou s'atténuant dans le cas de digestion interne, cette diastase pourrait alors diffuser dans la profondeur du grain en produisant les phénomènes connus.

Cette conception sur le rôle du stroma du plaste est appuyée par les observations ou expériences suivantes. Si l'on examine une coupe dans un cotylédon vert de *Phaseolus multiflorus* issu d'une graine sèche et pris à un stade convenable de la germination, on observe, à côté des plastes amylifères verdissants de deuxième génération, les anciens grains d'amidon disloqués dont la dissolution rapide indique l'existence d'une amylase active dans le cytoplasme. Les petits grains d'amidon de deuxième génération se dissolvent aussi mais très lentement et suivant le mode périphérique. Or si l'on transporte une pareille coupe dans une étuve à la température de 55-60° qui détruit la vitalité du stroma plastidal sans altérer en rien l'amylase, on assiste en peu de minutes à la digestion des petits grains suivant le type interne avec formation de fentes et dissolution rapide de l'intérieur du grain. On obtient les mêmes résultats à l'aide de coupes pratiquées dans les cotylédons frais verdis de Haricot commun où les grains d'amidon, entourés de stroma vert, des assises voisines de l'épiderme et des faisceaux, qui présentent la digestion périphérique, voient apparaître la digestion intérieure, lorsqu'on soumet la coupe pendant quelques heures à la température de 55-60°. On peut d'ailleurs faire les mêmes observations sans élever la température en examinant des cotylédons frais verdis depuis longtemps de Haricot commun et sur le point de mourir naturellement, ou encore des cotylédons jeunes verdis où quelques cellules sont mortes accidentellement pendant le verdissement et renferment alors des grains à digestion interne, alors que toutes les autres ont des grains possédant un stroma vert et présentant la digestion périphérique.

En résumé il ressort nettement de ce qui précède que les deux modes de digestion des grains d'amidon, périphérique et interne, sont en relation avec la présence ou l'absence d'une écorce plastidale jouissant vis-à-vis de l'amylase de la propriété adhésive.

L'existence de la digestion périphérique dans les grains d'amidon des tubercules de Pomme de terre confirme donc des observations antérieures en faveur de la présence de l'écorce plastidale tout autour de ces grains. Les résultats précédents permettent aussi de préciser la nature de la défaillance physiologique passagère des plastes des cotylédons des légumi-

neuses qui survient au début de l'hydrolyse. Cette défaillance se traduit par la perte de la propriété adhésive du plaste vis-à-vis de l'amalyse, c'est-à-dire par la perte d'une des propriétés physico-chimiques de ce dernier.

Il y a lieu de remarquer que la disparition de la propriété adhésive amylasique du stroma plastidal est la condition nécessaire de la digestion interne, il n'en résulte nullement que le taux de l'activité de l'amylase, ainsi que la contexture du grain d'amidon, n'aient aucune influence sur la marche du phénomène, mais l'action de ces facteurs, bien que pouvant être considérable, n'est qu'adjuvante et accessoire et non déterminante et fondamentale.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La* Kirondrine, *principe amer et toxique des graines de Kirondro* (Perriera madagascariensis, *Simarubacées*). Note de MM. **Volmar** et **Samdahl**, présentée par M. Guignard.

Le Kirondro est un grand arbre poussant à Madagascar sur les collines de l'Ambongo. Il a été étudié, il y a quelques années, par Courchet (¹); son écorce et ses graines sont employées par les indigènes comme amer et toxique.

En traitant les graines de Kirondro (²), préalablement pulvérisées, par la méthode de Stas-Otto, épuisement à l'alcool chaud, dans un appareil de Sohxlet, distillation de l'alcool, reprise de l'extrait par l'eau pour en séparer les matières grasses ou résineuses et épuisement de la solution aqueuse au chloroforme, nous avons pu en retirer environ 0,75 pour 100 d'une substance amère, cristallisée, à laquelle nous avons donné le nom de *Kirondrine*; nous l'avons purifiée par plusieurs cristallisations dans l'alcool absolu, en évitant, autant que possible, l'action de l'air qui la résinifie partiellement.

La Kirondrine est soluble dans l'alcool absolu, surtout à chaud et dans l'alcool méthylique; elle est moins soluble dans l'éther acétique et le chloroforme, et peu dans l'eau; elle est presque insoluble dans le benzène, l'éther et l'éther de pétrole; elle se dissout facilement en se colorant en jaune dans les alcalis caustiques même très étendus, ainsi que dans le carbonate de soude et l'ammoniaque à 10 pour 100. Sa solution aqueuse est

(¹) *Annales de l'Institut colonial de Marseille*, 3, 1905, p. 193.

(²) Les fruits de Kirondro qui nous ont servi pour ce travail ont été mis obligeamment à notre disposition par M. le professeur Jumelle, directeur du Musée colonial de Marseille.

neutre aux réactifs colorés, mais par ébullition prolongée elle devient légèrement acide.

Elle ne renferme ni azote, ni soufre, ni halogène; elle donne les principales réactions des alcaloïdes (Bouchardat, Dragendorf, etc.) et colore en violet l'acide sulfurique concentré, ce qui la différencie de la quassine. Elle réduit à froid la liqueur de Fehling, mais ne donne, même après hydrolyse, aucune phénylhydrazone: ce n'est donc ni un alcaloïde, ni vraisemblablement un glucoside. Elle présente des propriétés réductrices très marquées.

Injectée, à la dose de 4^{mg}, sous la peau d'une souris blanche pesant 16^{g}, elle agit par paralysie complète des muscles moteurs et provoque la mort en 10 heures, analogie complète avec la *samaderine*, isolée par Van der Marck (¹) d'une autre Simarubacée, le *Samadera indica*.

Le point de fusion de la Kirondrine, déterminé au bloc Maquenne ou dans un tube effilé au bain de paraffine, n'est pas net; il varie, suivant les conditions opératoires, de 230 à 250°, ce qui nous a conduits à admettre que la Kirondrine est un mélange et non un corps pur.

Par une série de cristallisations fractionnées dans un mélange d'alcool et d'éther, nous avons pu en retirer deux produits cristallisés, *les Kirondrines* α et β; malheureusement les pertes de substances ont été grandes, et nous n'avons obtenu que quelques centigrammes de la première et quelques milligrammes de la seconde. Toutes deux donnent les mêmes réactions chimiques et ne se distinguent que par leur point de fusion, leur solubilité et leur forme cristalline.

1° *La Kirondrine* α se présente sous la forme d'aiguilles ou de prismes rhomboïdaux incolores; elle est sans odeur, son goût est très amer; chauffée dans un tube effilé, elle fond entre 220 et 221°, en se décomposant partiellement; elle se distingue de la Kirondrine β par sa plus grande solubilité dans le mélange alcool-éther; sa solution aqueuse présente, sous l'influence des radiations ultraviolettes, une très belle fluorescence jaune verdâtre. Nous nous proposons d'en faire une étude plus complète et d'en déterminer la composition et les principales fonctions chimiques.

2° *La Kirondrine* β fond, en tube effilé, vers 237-240°; elle est très voisine de la précédente dont elle ne se distingue guère que par son point de fusion plus élevé et sa moindre solubilité dans le mélange alcool-éther; elle présente la même amertume; ce n'est vraisemblablement pas un corps pur,

(¹) *Arch. der Pharm.*, **239**, 1901, p. 96.

mais, étant donnée la trop faible quantité que nous avons pu en obtenir, il nous a été impossible de la purifier davantage et d'en déterminer la composition.

Par analogie avec les quatre quassines cristallisées, de propriétés chimiques identiques, que Massute [1] a pu retirer du bois de *Quassia amara* (Simarubacée), il s'agit vraisemblablement de deux homologues très voisins, ce qui expliquerait l'identité de la plupart de leurs réactions.

ICHTHYOLOGIE. — *Sur l'élevage de la Truite-Omble* (Salmo Pallaryi *Pelleg.*) *au Maroc*. Note de M. **A. Gruvel**, présentée par M. L. Mangin.

On sait qu'il existe au Maroc, exclusivement localisée dans l'Aguelman (Lac) Sidi-Ali, situé à 2000^{m} dans le Moyen Atlas, une espèce de Salmonide extrêmement curieuse, ayant l'aspect extérieur d'un Omble et certains caractères anatomiques de la Truite.

Ce poisson, connu déjà depuis de longues années par les pêcheurs de Truites du Maroc, qui sont assez nombreux, n'a jamais été rencontré ailleurs que dans le lac indiqué plus haut.

Aussi y avait-il grand intérêt à connaître la biologie de ce Salmonide et de savoir surtout s'il était possible d'obtenir son développement en captivité, comme celui de la Truite locale (*Trutta fario* L., var. *macrostigma*, A. Duméril).

Des expériences viennent d'être poursuivies à la Station de pisciculture d'Azrou. Les faits constatés sont les suivants : la ponte des Truites-Ombles a lieu dès fin octobre-commencement de novembre, c'est-à-dire un peut avant celle des Truites locales.

Les œufs venus à maturité atteignent un diamètre de 7^{mm}, ce qui est considérable par rapport à ceux de la Truite indigène.

Après fécondation artificielle, ils ont été mis en incubation à la Station d'Azrou, et leur évolution s'est montrée à peu près identique à celle des œufs de la Truite locale.

Les œufs de la Truite-omble sont embryonnés après une période de 21 jours. Les naissances des embryons ont lieu du 35e au 40e jour d'incu-

---

(1) *Arch. der Pharm.*, 228, 1890, p. 147.

bation. La vésicule ombilicale est complètement résorbée au bout de 15 à 20 jours.

Enfin les alevins, nourris comme ceux de truite, à la rate de mouton finement hachée, se développent dans les meilleures conditions et présentent une grande vigueur.

Les éclatements constatés, cette année comme l'an dernier, sur beaucoup trop d'œufs malheureusement, sont dus, sans aucun doute, aux accidents causés à l'enveloppe par le transport trop tardif des reproducteurs, sur un parcours de 60^{km}, environ, qui sépare l'Aguelman Sidi-Ali de la Station de pisciculture d'Azrou, par des chemins souvent très mauvais.

Ces accidents seront faciles à éviter à l'avenir et nous espérons, pour la saison d'élevage prochaine, une complète réussite, en ce qui concerne cette espèce curieuse. Nous croyons qu'il sera facile de l'acclimater, non seulement dans la plupart des lacs du Moyen Atlas, mais encore dans certains de nos lacs alpins où elle pourra trouver, pensons-nous, des conditions biologiques favorables.

ANATOMIE COMPARÉE. — *L'indice de valeur cérébrale au cours de l'enfance chez les Anthropoïdes.* Note [1] de Mlle **F. Coupin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Si l'on compare le poids PE du cerveau d'un animal, à un stade donné de son développement, à celui PE′ du cerveau d'un adulte supposé réduit à la taille qui correspond à ce stade, on obtient un rapport $\frac{PE}{PE'}$ que M. R. Anthony et moi avons appelé indice de valeur cérébrale.

La valeur de PE′ est obtenue par l'application de la formule suivante :

$$PE' = PS^{0,25} \times K,$$

PS étant le poids du corps de l'individu considéré; K, le coefficient de céphalisation de Dubois chez l'adulte, calculé non pas avec l'exposant de relation 0,56, mais avec l'exposant de relation 0,25 que Lapicque a montré devoir être choisi lorsqu'il s'agit de comparaisons entre animaux d'une même espèce.

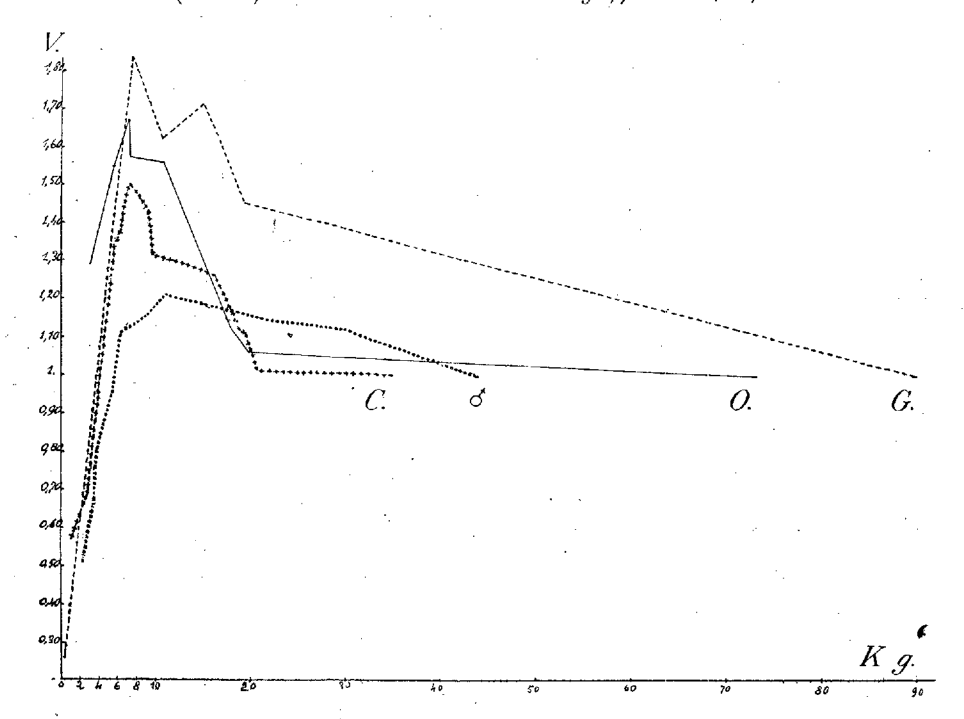
Les données numériques relatives à l'Homme et au Chimpanzé ont déjà été

(1) Séance du 31 janvier 1927.

publiées, elles ont montré que, dans ces deux cas, l'indice de valeur cérébrale s'élève au-dessus de 1 pendant une certaine période de l'enfance, ce qui paraît correspondre au grand effort cérébral que l'animal doit faire à ce moment.

Deux cadavres de jeunes Gorilles morts à Paris ayant été dernièrement offerts au Muséum et les pesées d'un Gorille de 5 ans environ m'ayant été communiquées, je me trouve maintenant à même d'établir pour cette espèce le tableau suivant :

	PS.	PE.	Indice de valeur cérébrale.
	kg	g	
Fœtus de 5 à 6 mois (Keith)	0,500	30	0,26
♀ de 1 an environ et au plus (Manouvrier)	6,711	416	1,84
♀ N° 1926-116, 2 ans (F. C.)	11,850	410	1,62
♂ N° 1926-114, 3 ans (F. C.)	15,000	473	1,71
♀ 5 ans (Derschied)	19,900	436	1,45
♂ Adulte (Owen)	90,720	426,25	1



Indice de valeur cérébrale du Gorille (G), de l'Orang (O), du Chimpanzé (C) et de l'Homme (♂).

J'ai cru devoir aussi étendre mes calculs à l'Orang en utilisant les chiffres donnés par Keith, Rolleston et Max Weber.

Si l'on ordonne les individus de chaque espèce suivant leur poids somatique croissant, l'âge n'étant pas exactement connu dans la plupart des cas, et si l'on porte les indices de valeur cérébrale correspondants en ordonnées, les poids somatiques étant en abscisses, on obtient les courbes ci-dessus qui montrent que :

a. Les courbes des trois Anthropoïdes, ainsi que celle de l'Homme, ont la même forme : à un certain moment de l'enfance, l'indice de valeur cérébrale dépasse l'unité.

b. Les maxima se classent dans l'ordre décroissant suivant : Gorille, Orang, Chimpanzé, Homme ; ce qui exprime que le Gorille enfant est cérébralement supérieur au Gorille adulte dans une proportion plus grande que le jeune Orang à l'Orang adulte, et ainsi de suite ; c'est dans l'espèce humaine que la supériorité de l'enfant sur l'adulte est le moins marquée.

c. Le maximum de l'indice de valeur cérébrale est d'autant plus élevé qu'il se produit à un plus faible poids. Le Gorille atteint en effet son maximum (1,84) à 6^{kg}, l'Orang (1,64) à 7^{kg}, le Chimpanzé (1,63) à $7^{kg},500$, l'Homme (1,21) à 15^{kg}, ce qui impliquerait peut-être qu'il est d'autant plus élevé qu'il est plus précoce.

En rapprochant ces faits de ce que nous savons de la valeur du coefficient de céphalisation chez les Anthropoïdes, on aboutit à la conclusion suivante : le maximum de l'indice de valeur cérébrale est d'autant plus élevé que le coefficient de céphalisation de Dubois (calculé avec l'exposant de relation 0,56 applicable, comme l'on sait, aux comparaisons entre espèces) est plus faible ; ce coefficient est en effet de 0,71 chez le Gorille ; 0,74 chez l'Orang ; 1,14 chez le Chimpanzé ; 2,89 chez l'Homme. En somme, la supériorité du jeune sur l'adulte serait d'autant plus marquée qu'on s'adresse à une espèce intellectuellement moins développée.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Concentration des sucs cellulaires chez les Champignons supérieurs* (*Agaricinés*). Note de M. et Mme **Lapicque**, présentée par M. L. Mangin.

Nous avons examiné, chez les Champignons supérieurs (*Agaricinés*), la concentration des sucs cellulaires, en mesurant l'abaissement du point de congélation, et la part que prennent à cette concentration les électrolytes, en mesurant la conductivité spécifique.

Il est facile, sur ces végétaux, d'obtenir du suc par pression ; néanmoins,

nous avons recouru de préférence à la méthode du bouillon; ce cas a vérifié une fois de plus que les deux méthodes, correctement appliquées, donnent des résultats superposables.

L'année qui vient de s'écouler a été, par sa sécheresse, très défavorable aux champignons qu'on peut appeler *sauvages;* néanmoins, nous avons pu recueillir, en période tardive, 40 échantillons convenables pour les analyses, appartenant aux espèces suivantes :

Amanita muscaria, Lepiota procera, Clitocybe nebularis, Collybia sp. (*grammocephala?*), *Tricholoma terreum, T. sulfureum, Hygrophorus eburneus, Pholiota destruens, Armillaria mellea, Hypholoma fasciculare, H. sublateritium, Stropharia æruginosa, Cortinarius violaceus, Coprinus fucescens.*

Tous proviennent des environs de Paris, bois de Vincennes et de Meudon, et surtout bois de la Grange, entre le 20 octobre et le 27 novembre.

Cette période a été généralement pluvieuse; nous n'avons pas vu que les jours relativement beaux ou mauvais précédant ou accompagnant la récolte influencent manifestement les résultats; d'autre part, les différences spécifiques sont douteuses; si elles existent, elles ne pourraient être mises en évidence que par une série beaucoup plus nombreuse; encore faudrait-il faire la part du substratum, qui doit jouer un rôle important. Quoi qu'il en soit, nous traitons, en première approximation, toutes nos récoltes comme une seule série, mettant seulement à part les individus jeunes, qui nous ont paru présenter une concentration plus élevée. Les chapeaux ont été analysés à part des pieds.

Les chiffres peuvent se résumer de la façon suivante. Conformément à l'usage, nous notons Δ l'abaissement, en degrés centigrades, du point de congélation, et K la conductivité spécifique, exprimée ici en millièmes de réciproque d'ohm, à 15°.

Adultes. — Chapeaux : Δ, de 0,26 à 0,54, moyenne 0,39; K, de 5,1 à 13,4, moyenne 8,2. Pieds : Δ, de 0,34 à 0,63, moyenne 0,45; K, de 5,2 à 13,0, moyenne 7,9.

Jeunes. — Chapeaux : Δ, de 0,28 à 0,74, moyenne 0,43; K, de 6,2 à 14,3, moyenne 8,15. Pieds (2 lots seulement) : Δ, 0,46 et 0,90, moyenne 0,67; K, de 7,6 et 13,3, moyenne 10,45.

Ces champignons sauvages présentent ainsi une concentration faible par rapport aux autres végétaux aériens; c'est, en général, l'ordre de grandeur de la concentration chez les algues d'eau douce.

Un point particulier, auquel nous attachons une grande importance physiologique, est la différence entre le pied et le chapeau. Le Δ du pied est

plus grand que le Δ du chapeau (lamelles comprises), tandis que le K est plus petit, ou, tout au moins, le rapport de K au Δ est plus petit. C'est-à-dire que la concentration totale du suc cellulaire est plus grande dans le pied, mais que les électrolytes constituent une fraction moindre des substances dissoutes. Cette différence est tout à fait systématique; nous l'avons constatée pour tous les cas individuels, sauf un, dans la comparaison directe du pied au chapeau correspondant.

Le phénomène est bien plus marqué si l'on analyse à part les lamelles comme nous avons pu le faire sur un lot de *Clytocybe nebularis*. Les chiffres ont alors été les suivants :

	Δ.	$K.10^3$.
Stipe	0°,60	7,7
Chapeau sans les lamelles	0,52	7,6
Lamelles	0,48	9,0

Nous avons repris nos mesures sur des champignons cultivés en galeries souterraines. Nous avons laissé, après une récolte, les champignons se développer librement pendant une semaine et nous avons eu ainsi tous les âges et toutes les tailles.

Voici les résultats obtenus :

Jeunes (bords du chapeau encore adhérents au stipe). — Chapeaux : $\Delta = 0,76$; $K = 9,3$; pieds : $\Delta = 1,06$; $K = 10,8$.

Moyens (déhiscence du voile laissant apparaître les lamelles roses). — Chapeaux : $\Delta = 0,66$; $K = 10,5$; pieds : $\Delta = 0,84$; $K = 9,6$.

Mûrs (chapeaux presque plans, lamelles brunes). — Lamelles : $\Delta = 0,63$; $K = 9,5$; chair des chapeaux, sans lamelles : $\Delta = 0,87$; $K = 10,9$; pieds : $\Delta = 1,19$; $K = 14,2$.

Ces chiffres, obtenus sur des plantes ayant poussé dans des conditions identiques à l'abri des perturbations atmosphériques, confirment entièrement les résultats fournis par les champignons sauvages dans leurs conditions indéterminées. Toutes les concentrations sont ici plus élevées, en raison sans doute de la grande richesse du substratum nutritif, mais les relations entre les diverses valeurs sont analogues.

Si nous considérons en particulier les lamelles, c'est-à-dire l'hymenium (avec son hyménophore), nous voyons que ce tissu différencié possède dans ses cellules un suc de composition spéciale, avec une pression osmotique *moindre* que les cellules du péridium qui le supporte et le rattache à la terre nourricière. Ce n'est donc pas par le jeu de l'osmose que lui parvient l'eau dont il se gorge dans sa croissance si rapide. La théorie osmotique des

échanges cellulaires se trouve une fois de plus en défaut. Il y a quelques années, nous montrions les algues marines pompant des sels contre la pression osmotique; il semble que, en sens inverse, l'hyménium des champignons pompe de l'eau contre cette même pression.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *La surmaturation ovulaire influe-t-elle sur l'origine des gonocytes primaires chez* Rana temporaria *L.* ? Note [1] de M. **L. Bounoure**, présentée par M. L. Bouvier.

Parmi les auteurs qui ont vu les premières cellules germinales, chez les Batraciens, sortir de l'endoderme, il en est pour qui ce mode d'origine n'est pas constant, nécessaire, mais lié à certaines conditions de maturation optima réalisées par l'ovule lors de la fécondation. Chez *Rana esculenta*, d'après Kuschakewitsch (1910), et chez *R. temporaria*, d'après Witchi (1914), les embryons issus d'œufs surmatures (c'est-à-dire fécondés artificiellement avec un certain retard) ne présenteraient point les gonocytes primaires typiques que l'on voit dans les embryons normaux, et il se constituerait alors, au bord interne des lames latérales, une gonade d'origine mésodermique, ce mode de développement devant aboutir à la formation exclusive d'individus mâles.

Disons tout de suite que la Grenouille, en raison de son mode de ponte, se prête fort mal, selon nous, à toute expérience rigoureuse sur la surmaturation ovulaire. La femelle accouplée pond tous ses ovules en un seul gros paquet très rapidement expulsé, et malgré une attentive surveillance exercée sur de nombreux couples, nous n'avons jamais pu intervenir assez vite pour interrompre la ponte déclenchée et déterminer ainsi, pour une partie des ovules, une surmaturation utérine *à point de départ exactement connu*. Au reste, nous avons été frappé de l'imprécision des auteurs en ce qui concerne les conditions de leurs expériences. Nous avons tenu néanmoins à effectuer, sur la Grenouille même, une vérification des faits allégués, et nous avons institué, à ce sujet, les expériences suivantes :

I. *Surmaturation* in vivo. — *a*. On peut observer, pour des Grenouilles capturées en accouplement au même endroit et le même jour et gardées peu de temps en captivité dans des conditions identiques, que la ponte s'effectue, pour les différents couples, à des dates très voisines, s'espaçant par exemple sur 4 ou 5 jours au maximum. Après avoir laissé la moitié des couples environ effectuer leur ponte, ce qui permet

[1] Séance du 31 janvier 1927.

de conclure à l'imminence probable de la ponte pour les autres, on disjoint ceux-ci et on isole chaque femelle. Plus tard on pratique la fécondation artificielle des ovules extraits de l'utérus : ainsi avons-nous fait pour des femelles isolées depuis 7, 8, 9 et 12 jours. La surmaturation des ovules, dans de tels cas, est très probable, mais on ne peut l'évaluer avec certitude, ne connaissant point la date où se serait produite normalement la ponte de la femelle accouplée.

b. Nous avons mis à profit un cas exceptionnel de ponte spontanément interrompue : une femelle accouplée expulse un petit paquet d'œufs, puis s'arrête; isolée du mâle, elle rejette encore un certain nombre d'ovules. Elle est sacrifiée quelques heures plus tard, et les ovules recueillis dans l'utérus droit (le gauche étant vide) sont fécondés avec 24 heures de retard par rapport à la première ponte : tous les embryons se développent normalement.

Dans un autre cas semblable, l'application d'une ligature de caoutchouc enserrant les lombes de la femelle, nous a permis de prolonger pendant 30 heures la stase ovulaire dans l'utérus; mais les œufs fécondés avec un tel retard n'ont pu dépasser les premiers stades de la segmentation.

II. *Surmaturation* in vitro. — La possibilité d'une fécondation effective, d'une segmentation normale, ou encore d'un développement parthénogénétique a permis de reconnaître (¹) que des ovules immatures de Grenouille pouvaient achever leur maturation *in vitro* à l'air humide et à la température du laboratoire, en un laps de temps de 20 à 30 heures. Au delà de ce temps, il est logique de penser que se produit une surmaturation; on la réalise de la façon suivante :

Les ovules d'une femelle, prélevés dans l'utérus, sont répartis en plusieurs lots : l'un d'eux est fécondé immédiatement et sert de témoin; les autres, placés en chambre humide, sont fécondés avec un retard plus ou moins long : 24, 32, 48, 72 heures à 18-20°, ou 48, 52, 72, 86, 96, 120 heures à 8-10°. Le développement, dans tous ces cas, a été parfaitement normal.

Résultats. — Dans les nombreux embryons provenant de ces divers types d'expériences, les gonocytes primaires, toujours présents, nous ont constamment montré le mode d'origine, l'évolution générale et les caractères morphologiques que nous avons déjà décrits chez les animaux issus de ponte normale et de fécondation naturelle (²).

Tout au plus avons-nous constaté un léger retard dans les phénomènes d'isolement et de formation du cordon génital impair. Tandis que, dans le développement normal, ce cordon est généralement constitué au stade de 9^{mm}, nous avons observé, entre autres, un embryon de 9^{mm},3, provenant d'une femelle séparée du mâle pendant 7 jours, chez lequel tous les gonocytes se trouvaient encore en situation plus ou moins profonde dans l'endoderme, et cheminaient parmi les cellules vitellines pour gagner le lieu de

(¹) H. Barthélemy, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1102.

(²) L. Bounoure, *Ann. Sc. nat.*, 10ᵉ série, 8, 1925, p. 201-278.

formation de la première ébauche génitale. Preuve supplémentaire que les conditions qui nous ont servi à réaliser une surmaturation ovulaire ne modifient en rien l'existence, le lieu d'origine, ni l'apparition des gonocytes primaires chez *Rana temporaria*.

BIONOMIE MARINE. — *Sur la limite supérieure de répartition de divers organismes, en eau très calme.* Note de M. **Édouard Fischer**, présentée par M. L. Mangin.

Lorsqu'on étudie la répartition verticale des êtres vivants de la zone des marées, dans le domaine tout à fait calme que constitue la Rance à une distance suffisante de l'embouchure, on remarque l'existence d'un niveau bien tranché où s'arrêtent nombre d'espèces animales et végétales.

Sur une paroi rocheuse dépourvue d'algues existent de très nombreux *Balanus balanoides*, espèce fort importante en cette région, accompagnés de *Chtamalus stellatus* et de *Patella vulgata* plus clairsemés. Une ligne très nette marque la limite supérieure de cette association. Si l'on passe de là à une paroi couverte d'algues, on constate que la ligne précédente, prolongée, arriverait juste dans la zone, très étroite et bien connue, où se trouvent les limites supérieures de plusieurs algues : *Fucus platycarpus*, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* et *serratus*. Les *Pelvetia* surmontent largement ce niveau. A Port Saint-Jean, par exemple, les *Fucus serratus* et *vesiculosus* remontent jusqu'à $8^m,85$, les *Ascophyllum* à $8^m,95$, l'association des Balanes à 9^m, les *Fucus platycarpus* à $9^m,20$ (les *Pelvetia* à $10^m,20$).

Quelle peut être la signification d'un pareil groupement de limites dans un intervalle de quelques décimètres seulement? Si l'on fait des observations au moment des pleines mers de morte-eau, on constate que le niveau atteint par l'eau est dans le voisinage de la zone bionomique en question. En 1926, le niveau moyen des pleines mers de morte-eau a été de $9^m,23$ et le minimum de $8^m,20$. C'est-à-dire que les espèces citées ne s'écartent guère du domaine qui subit une immersion biquotidienne. Le niveau où atteignent les *Fucus vesiculosus* n'a été laissé à sec, d'après l'Annuaire, qu'à 27 marées sur les 705 marées de 1926; pour les *Ascophyllum* et les Balanes, on trouve 37; pour les *Fucus platycarpus*, 77 : ce qui ne fait encore qu'une marée sur 9 (régime très différent de celui que subissent les *Pelvetia*, qui peuvent rester à sec pendant une semaine sur deux). Il y a

donc une coïncidence assez remarquable entre la zone hypsométrique où se produit un important changement dans le régime d'humidité, et la zone bionomique où se trouvent les limites de nombreux organismes. Je suis tenté de croire à une relation de cause à effet.

La chose n'est pas entièrement nouvelle en ce qui concerne les algues. S'il est vrai d'après Pruvot que le niveau des *Fucus* n'accuse « aucune relation suivie avec les courbes des marées », par contre de Beauchamp a toujours parlé d'un certain voisinage avec le niveau moyen des pleines mers de morte-eau, mais avec des écarts atteignant facilement un huitième de l'amplitude maxima des marées. Ces résultats ne sont pas en contradiction avec les miens, qui ne sont vrais que dans certaines conditions où les auteurs précédents ne s'étaient pas trouvés placés.

En effet, les mesures données ne sont tout à fait exactes que pour des conditions bien définies : en eau tout à fait calme, sur une paroi exposée au Nord, verticale, dépourvue d'anfractuosités, sans vase, devant une faible étendue d'eau (défilé de Port Saint-Jean; couloirs des écluses du port de Saint-Malo). Tout ce qui influe sur l'humidité les modifie dans de fortes proportions. L'exposition au Midi abaisse les limites supérieures; par contre elles sont relevées par une foule de circonstances : il suffit que le substratum soit incliné, ce qui permet un contact plus étroit avec les algues; qu'il présente des anfractuosités; qu'il soit enduit de vase; qu'une grande étendue d'eau permette aux vents de créer de l'embrun; que le voisinage d'une chute d'eau de mer (moulin à marées) charge l'air d'humidité. Un exemple schématique est donné par les algues du port de Saint-Malo. Elles se tiennent aux niveaux indiqués ci-dessus, dans les couloirs d'écluses et autres points très abrités. Mais les niveaux s'élèvent d'autant plus que l'on s'avance vers la région des quais située en face de l'entrée, par où pénètrent les vents et les vagues, ces dernières très atténuées d'ailleurs. En cet endroit, les *Ascophyllum* atteignent $9^m,70$, les *Fucus platycarpus* $10^m,30$, les *Chtamalus* 11^m (les *Pelvetia* $10^m,90$). Je n'ai pas encore poursuivi ces mesures sur le littoral, où le choc des vagues intervient avec plus de violence : on sait, par les mesures que Pruvot a faites à Roscoff, que là, si les Patelles et les Chtamales poursuivent leur ascension, les algues au contraire disparaissent plus ou moins.

Pour s'en tenir au domaine où n'interviennent que des vagues très amorties, on peut imaginer que leur effet, et surtout celui de l'embrun, est d'entretenir, de plus en plus haut, un régime d'humidité équivalent, pour chaque espèce, à une immersion biquotidienne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition des peptones.*
Note de M. **A. Blanchetière**, présentée par M. A. Desgrez.

On sait que les acides aminés peuvent donner naissance à deux sortes d'anhydrides :

$$
\begin{array}{l}
\mathrm{R{-}CH{-}COOH} \\
\quad\;| \\
\quad\mathrm{NH^2} \\
\quad\mathrm{COOH{-}CH{-}R'} \\
\qquad\qquad\;| \\
\qquad\qquad\mathrm{NH^2}
\end{array}
= \mathrm{H^2O} +
\begin{array}{l}
\mathrm{R{-}CH{-}COOH} \\
\quad\;| \\
\quad\mathrm{NH} \\
\quad\mathrm{CO{-}CH{-}R'} \\
\qquad\quad\;| \\
\qquad\quad\mathrm{NH^2}
\end{array}
$$

(I). Peptide.

et

$$
\begin{array}{l}
\mathrm{R{-}CH{-}COOH} \\
\quad\;| \\
\quad\mathrm{NH^2}\;\;\mathrm{NH^2} \\
\qquad\quad\;\;| \\
\mathrm{COOH{-}CH{-}R'}
\end{array}
= 2\,\mathrm{H^2O} +
\begin{array}{l}
\mathrm{R{-}CH{-}CO} \\
\quad\;|\qquad| \\
\quad\mathrm{NH}\;\;\mathrm{NH} \\
\quad\;|\qquad| \\
\quad\mathrm{CO{-}CH{-}R'}
\end{array}
$$

(II). Diacipipérazine.

dont le premier est un peptide, et le second une diacipipérazine, corps cyclique ne possédant plus ni groupe aminé, ni carboxyle libre.

Des raisons, que j'ai exposées dans une Conférence faite devant la Société de Chimie biologique ([1]), portent à penser que, conformément à une opinion émise par E. Fischer ([2]) lui-même, les diacipipérazines font partie intégrante de la molécule protéique. Toutefois, on ignore absolument quelle peut y être leur importance quantitative.

Abderhalden et ses collaborateurs ([3]), ainsi que Graves, Marshall et Eckweiller ([4]), n'en trouvent que de très petites quantités, tandis que Sadikof ([5]) prétend que l'hydrolyse ménagée des protides fournit presque uniquement des diacipipérazines.

Pour étudier cette question, j'ai d'abord établi une technique précise de

---

([1]) A. Blanchetière, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 7, 1925, p. 218-330.

([2]) E. Fischer, *Untersuchungen über aminosäuren, Polyptide und Proteine*, 1, 1899-1906.

([3]) E. Abderhalden, E. Klarmann et E. Schwab, *Zeit. physiol. Chem.*, 135, 1924, p. 180-187 et 199-202.

([4]) S. S. Graves, J. T. W. Marshall et H. W. Eckweiller, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 112-114.

([5]) W. S. Sadikof, *Biochem. Zeit.*, 136, 1923, p. 238-240; 143, 1923, p. 492-511.

séparation et de dosage de ces corps [1]. J'utilise pour cela la formation de dérivés carbaminés

$$\begin{array}{l} R-CH-COOH \\ \quad\;\; | \\ \quad\; NH^2 \end{array} + \begin{array}{l} HO \\ \;| \\ CO-OH \end{array} + \begin{array}{r} OH \\ | \\ HO-Ba \end{array} = 3H^2O + \begin{array}{l} R-CH-\!\!-\!\!-CO \\ \quad\;\; | \qquad\quad | \\ \quad\; NH \qquad\; O \\ \quad\;\; | \qquad\quad | \\ \quad\; CO-O-Ba \end{array}$$

et l'insolubilité de ces composés dans les mélanges d'eau et d'acétone. Les amino-acides, les peptides et les protides sont ainsi précipités, tandis que les diacipipérazines restent en solution et peuvent y être déterminées par la méthode de Kjeldahl. Sur des mélanges de produits synthétiques, cette méthode a fourni des résultats satisfaisants. Je l'ai alors appliquée à quelques échantillons de peptones commerciales avec les résultats suivants :

Échantillons (Nos).	Nature de la peptone.	N. total.	N diacipipérazique.		Pour 100 de N diacipipérazique.	
			1.	2.	1.	2.
1.........	Trypsique	13,7	3,76	3,99	27,4	29,1
2.........	»	12,76	2,39	–	18,73	–
3.........	»	12,73	1,82	–	14,25	–
4.........	Pepsique	13,44	3,19	3,08	23,7	22,9
5.........	Trypsique	13,43	3,88	–	28,8	–
6.........	»	13,5	2,88	–	21,4	–
7.........	Pepsique	13,04	4,35	4,36	33,32	33,4
8.........	Trypsique	13,43	2,34	2,55	17,4	18,9

on voit que l'hydrolyse fermentaire fournit de notables quantités de diacipipérazines, quel que soit le ferment utilisé.

Les substances solubles dans le liquide hydroacétonique sont bien des diacipipérazines, car :

1° Le liquide restant après séparation du précipité barytique et élimination de l'acétone ne dissout plus l'hydrate de Cu comme le font les amino-acides, les peptides et les protides;

2° Ce même liquide, soumis pendant un temps suffisant à l'action de la soude normale, donne une solution qui fournit une belle réaction du biuret.

Le premier de ces essais démontre, outre l'absence d'amino-acides et de peptides, celle de la proline. Ce dérivé pyrrolidique, de par sa constitu-

(1) A. Blanchetière, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 101-110.

tion, semble devoir échapper, en effet, à la condensation carbamique, et, eu égard à sa solubilité dans les solvants neutres, devrait se retrouver dans la solution hydroacétonique; mais il donnerait un fort beau complexe de proline cuivrique, peu soluble et n'échapperait donc pas à ce mode de contrôle.

Le second essai prouve que les substances restées en dissolution sont hydrolysées par les alcalis avec formation de corps biurétiques qui ne sauraient être que des peptides. Ces substances sont d'ailleurs, en grande partie au moins, parfaitement cristallines, J'en fais une étude détaillée.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur le potentiel apparent des solutions de sucres réducteurs.* Note (¹) de MM. **E. Aubel, L. Genevois** et **R. Wurmser**, présentée par M. Henneguy.

Pour comprendre les réactions d'oxydo-réduction qui se poursuivent dans les cellules, il est désirable de connaître les potentiels, apparents ou réels, qui peuvent être obtenus au sein de solutions diverses, spécialement des hydrates de carbone qui constituent une des plus importantes réserves réductrices des organismes.

On sait qu'une solution de lévulose en milieu phosphaté, neutre ou alcalin, consomme l'oxygène dissous : si le renouvellement de ce gaz est empêché ou suffisamment lent, la solution réduit la thionine (²) et le bleu de méthylène (³). On constate que les divers colorants peuvent être classés en deux groupes suivant qu'ils sont ou non réduits dans les mêmes conditions. Le tableau suivant donne en outre les potentiels d'oxydo-réduction de ces colorants (⁴).

(¹) Séance du 31 janvier 1927.

(²) E. Aubel et L. Genevois, *Sur l'oxydation du lévulose en absence d'oxygène gazeux* (Séance du 6 mai 1926 de la *Soc. Sc. phys.* Bordeaux).

(³) G. Blix, *Sk. Arch. f. Phys.*, 47, 1927, p. 22.

(⁴) Les potentiels indiqués par une astérisque sont dus à M. Clark et ses collaborateurs.

Colorants.	Potentiel en volt à pH 7,5.	
*Thionine	+0,045	Réduits en quelques heures à 20°
*Bleu de méthylène	—0,005	
Bleu de toluidine	—0,005	
Vert Janus (bleu → rose)	—0,035	
*Tétrasulfonate d'indigo	—0,070	
Bleu de Nil	—0,080	
*Disulfonate d'indigo	—0,150	
Phénosafranine	—0,230	Non réduits après 3 mois à 20°
Vert Janus (décoloration)	—0,275	
Rouge neutre	—0,320	
Safranine V. E	—0,350	

Nous avons d'autre part suivi la réaction qui se passe au sein des solutions en mesurant le potentiel d'une électrode de platine plongée dans le liquide. Ce potentiel tend vers une valeur limite indépendante entre 1 et 10⁸ pour 1000 de la concentration en lévulose et en phosphate et de la présence ou non du colorant. Il varie avec le pH, et aussi avec la concentration initiale en oxygène, mais il n'est jamais inférieur à —0,180 volt pour pH 7,5. Cette valeur limite obtenue électrométriquement en l'absence de colorant est bien comprise dans le domaine des potentiels prévu d'après les expériences réalisées avec les colorants.

L'établissement de ce potentiel dure à 20° un temps, plus ou moins long suivant la concentration en ions OH, de l'ordre d'une douzaine d'heures à pH 7,5. Le coefficient de température de la vitesse des réactions qui déterminent ce potentiel est d'environ 2,5, entre 20 et 40°.

Nous avons effectué également des mesures électrométriques sur des solutions de divers sucres à la température de 80°. Les réactions qui se produisent alors diffèrent sans doute non seulement par leur vitesse, mais par leur nature de celles qui se font à 20°. Le potentiel d'une solution de lévulose s'établit à 80° en deux ou trois heures, à —0,260 volt pour pH 8,2. Dans les mêmes conditions de température et de pH, le glucose donne un potentiel de —0,400 volt, le lactose de —0,325 volt, et le galactose de —0,235 volt. Mais les courbes qui représentent les variations du potentiel avant que soit atteinte la valeur limite n'ont pas la même allure pour les différents sucres et révèlent des stades de réactions successives.

La signification physique de ces potentiels sera discutée ultérieurement. Au point de vue du chimisme cellullaire, il est intéressant de remarquer que le potentiel du lévulose à 20°, par exemple, est compris dans le domaine

d'oxydo-réduction des cellules en anaérobiose ($6 < rH < 9$, d'après les mesures de J. et D. M. Needham). Un potentiel plus bas n'a été signalé jusqu'ici que dans les fermentations bactériennes, soit que les microorganismes parviennent à pousser plus loin la consommation de l'oxygène encore présent dans le milieu, soit que le clivage de la molécule soit différent dès l'origine. Le potentiel limite que nous avons déterminé pour le lévulose à 20° est un peu inférieur au potentiel d'équilibre du système cystine-cystéine (— 0,145 volt à pH 8,5) trouvé par Dixon et Quastel. Ce potentiel suffit déjà, d'après Knoop, et conformément aux prévisions thermodynamiques qui ont été établies par ailleurs [1], pour engendrer la formation quantitative des aminoacides aux dépens des acides α-cétoniques et de l'ammoniaque.

BACTÉRIOLOGIE. — *Toxines diphtériques donnant naissance à un Bacille diphtérimorphe.* Note de M. **Paul Hauduroy**, présentée par M. Charles Richet.

Dans toute une série de travaux publiés depuis trois ans, j'ai attiré l'attention sur les formes filtrantes de microbes tels que les B. typhiques, paratyphiques, dysentériques, J'ai montré qu'il était possible de les obtenir à volonté au laboratoire, qu'on pouvait aussi les trouver dans la nature et dans l'organisme des malades ou des convalescents. Ces formes, inconnues jusqu'ici, sur la nature intime desquelles nous ne savons rien, font probablement partie d'un cycle évolutif des bactéries, sont invisibles à un moment donné de leur évolution, peuvent traverser les bougies de porcelaine et reconstituent peu à peu le microbe normal dont elles proviennent. Vaudremer par ailleurs, Bezançon et moi-même avons montré qu'il était possible de trouver certaines souches de bacilles tuberculeux capables de donner des formes filtrantes.

Tous ces faits ont été contrôlés ou généralisés par différents expérimentateurs (Ramsine, formes filtrantes du bacille pesteux; Calmette, Valtis, Arloing, Dufourt; formes filtrantes du bacille de Koch).

J'ai pu récemment mettre en évidence des formes microbiennes filtrantes

(1) R. Wurmser, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1478.

provenant probablement du B. diphtérique, en *partant de la toxine produite par ce microbe.*

Une dizaine de centimètres cubes de toxine diphtérique avait été conservée au laboratoire, à l'obscurité, en tube scellé, pendant deux ans. A ce moment, la toxine était parfaitement limpide. Mais, en agitant le tube, on voyait s'élever du fond de petits grains qui se sédimentaient à nouveau si on laissait reposer le tube. J'ensemençais ce liquide à la surface d'une boîte de Petri contenant de la gélose lactosée tournesolée, milieu que je savais être le plus favorable à la culture des formes filtrantes. Après 24 heures d'étuve à 37°, apparut un simple dépoli, extrêmement fin, visible seulement en regardant latéralement la surface du milieu et ne ressemblant en rien à une culture. Ce dépoli fut soigneusement prélevé dans un peu d'eau peptonée, et l'émulsion ensemencée à nouveau sur une boîte de gélose lactosée tournesolée. Un dépoli apparut après 24 heures qui fut repiqué à son tour. Au cinquième passage, j'aboutis à une culture bien visible, nette, abondante, repiquable dans tous les milieux et formée de microbes ayant les caractères morphologiques du bacille diphtérique. L'examen microscopique montre qu'il s'agit d'un bacille de 3 à 5μ de long, se colorant par la méthode de Gram et formant des groupements en V, en Y, en palissades. Ce microbe pousse dans le bouillon Martin sans troubler le milieu, donne un voile, pousse dans la gélose Veillon en profondeur, ne coagule pas le lait, ne liquéfie pas la gélatine, fait fermenter le glucose et le lévulose, ne fait pas fermenter le saccharose. Pourtant *il ne possède aucun pouvoir pathogène pour le cobaye.*

Le microbe ainsi trouvé possède donc les principaux caractères biologiques du bacille de Lœffler, la toxicité exceptée. J'ajouterai que la toxine, ensemencée directement en bouillon, n'a donné lieu à aucune culture visible après plusieurs mois de séjour à l'étuve.

J'ai repris ces essais en partant de 4 toxines, provenant de fabrications différentes, qui avaient été filtrées. Elles étaient âgées en moyenne d'une quinzaine de jours quand je les ensemençai.

L'ensemencement de ces toxines sur gélose lactosée tournesolée (toxines refiltrées sur Chamberland L-3) donna naissance à un dépoli semblable à ceux que j'avais vus dans mes premiers essais. Après une série de repiquages (5 à 10) j'aboutis à des germes ayant les caractères suivants : bacilles de 3 à 5μ de longueur se colorant par la méthode de Gram, groupés comme le bacille diphtérique, possédant des granulations, immobiles, donnant un voile ou une collerette en bouillon, le troublant parfois d'une façon uniforme (1 cas), ne coagulant pas le lait, faisant fermenter le lévulose et le glucose, ne faisant pas fermenter la mannite et le saccharose, donnant sur sérum coagulé des colonies blanc grisâtre et enfin n'ayant poussé ni en profondeur, ni en surface dans la gélose de Veillon, et ne possédant aucun pouvoir pathogène pour le cobaye.

J'ajouterai qu'il est possible de suivre au microscope la formation de ces bacilles :

les premières cultures apparues sur gélose lactosée tournesolée sont formées de grains isolés, puis ces grains s'accolent deux par deux, forment des bacilles moniliformes et enfin de véritables bacilles, dont le protoplasma paraît homogène.

La multiplicité des expériences, les précautions prises, la constance des résultats obtenus, la connaissance que nous avons des formes filtrantes d'autres microbes me font conclure que les germes trouvés proviennent bien des bacilles de Lœffler qui ont servi à préparer la toxine.

Quels sont les rapports de ces formes avec la toxine diphtérique ? Voisinent-elles avec elle ? Ou la toxine diphtérique n'est-elle que la forme invisible des formes filtrantes du bacille de Lœffler ? Peut-on faire récupérer à ces formes filtrantes un pouvoir pathogène ? Autant de questions qu'on est en droit de se poser et que je m'efforcerai de résoudre.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du bismuth sur l'ictère hémorragique.* Note (¹) de MM. **R. Sazerac, Hirosi Nakamura** et Mme **M. Kitchevatz**, présentée par M. Roux.

Étant donné le pouvoir curatif manifeste du bismuth vis-à-vis de certaines spirochétoses, humaines ou animales, nous avons pensé qu'il y avait quelque intérêt à étudier l'action du même élément sur l'ictère hémorragique, dont l'agent infectieux est un spirochète, le *Spirochæta icterohemorragiæ*. Nous avons eu à notre disposition des cultures de ce spirochète capables de tuer le cobaye dans le délai de 5 à 8 jours. Nous avons d'abord effectué des essais de traitement préventif dont voici un exemple typique :

Douze cobayes ont été inoculés, sous la peau, à raison de 1^{cm^3} de culture par 100^g d'animal. Quelques instants après l'inoculation, quatre de ces animaux ont reçu, en injection sous-cutanée, 0,01 par 100^g d'animal de tartrobismuthate de sodium en solution aqueuse à 1 pour 100. Les autres ont reçu, par la même voie, $0^g,005$ seulement par 100^g du composé bismuthique; quatre des cobayes inoculés ont été conservés comme témoins. Tous les témoins sont morts avec les symptômes de l'ictère hémorragique dans le délai de 6 à 8 jours après l'inoculation. Le foie de ces animaux renfermait de nombreux spirochètes. Par contre, les animaux traités par le bismuth ont résisté à l'infection et, un mois après l'inoculation, sept d'entre eux survivaient encore, sans aucun symptôme morbide. Un seul avait succombé le vingtième jour à une affection différente de l'ictère hémorragique.

D'autre part nous avons entrepris des essais de traitement curatif sur des animaux inoculés depuis un certain temps.

(¹) Séance du 7 février 1927.

Dans une première expérience, le traitement par le bismuth a été fait deux jours après l'inoculation. A cette date, le spirochète a déjà commencé à envahir l'organisme, car les cobayes neufs inoculés avec le sang d'un cobaye infecté depuis 48 heures meurent en présentant les symptômes de l'ictère hémorragique; 9 cobayes ont reçu chacun 1^{cm^3} de culture en injection sous-cutanée, 4 de ces animaux ont été traités à raison de $0^g,01$ de tartrobismuthate de sodium par 100^g d'animal, 3 ont reçu $0^g,005$ seulement, par 100^g, du même produit; 2 des animaux infectés ont été conservés comme témoins. Ces témoins sont morts respectivement le cinquième et le sixième jour après l'inoculation, avec tous les symptômes de l'ictère hémorragique. Tous les animaux traités par le bismuth ont survécu et ne présentaient aucun symptôme de la maladie en question, 18 jours après l'infection.

Au cours d'un deuxième essai analogue au précédent, nous avons effectué le traitement par le bismuth 3 jours après l'inoculation du virus. Les cobayes conservés comme témoins sont morts avec les symptômes caractéristiques de la maladie dans le délai de 5 à 6 jours après l'inoculation. Tous les animaux traités par le bismuth ont résisté à l'infection.

Un troisième essai de traitement curatif a été entrepris 4 jours après l'infection. Tous les cobayes conservés comme témoins ont succombé, avec les symptômes de l'ictère hémorragique, dans le délai de 5 à 6 jours après l'inoculation. Sur 6 cobayes inoculés et traités par le bismuth, 5 sont morts en présentant les symptômes de l'ictère hémorragique. Un autre survivait encore sans symptôme morbide, 25 jours après l'inoculation. Il est intéressant de noter que le foie des cobayes traités par le bismuth et morts ne renfermait pas de spirochètes. Le résultat de ce dernier essai, moins satisfaisant que les données des précédentes expériences, n'a pas lieu de surprendre, étant donné que l'intervention thérapeutique effectuée le quatrième jour, est déjà bien proche du terme fatal de la maladie, bon nombre d'animaux inoculés et non traités succombent dès le cinquième jour après l'inoculation.

De l'ensemble de ces données il résulte :

1° Que le bismuth possède une action préventive remarquable vis-à-vis de l'infection par le *Spirochæta icterohemorragiæ*, chez le cobaye;

2° Que le même élément exerce un effet curatif important au cours de l'évolution de l'ictère hémorragique chez le cobaye, tout au moins pendant les trois premiers jours qui suivent l'infection, dans les conditions où nous avons opéré, et, parfois même, à un stade plus avancé de la maladie.

Les résultats que nous venons de signaler nous semblent assez encourageants pour permettre d'entreprendre, chez l'homme, des tentatives de traitement de l'ictère hémorragique par le bismuth.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 FÉVRIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Autoxydation et action antioxygène* (XXI). *Expériences à chaud. Application au problème du mode d'action des antidétonants.* Note (1) de MM. **Charles Moureu**, **Charles Dufraisse** et **René Chaux**.

Nous avons entrepris dès maintenant l'étude de l'autoxydation à chaud, qui cependant, du point de vue logique, ne devrait venir qu'ultérieurement, parce que nous jugeons utile d'appeler l'attention sur son importance pour certains problèmes pratiques. Nous envisagerons aujourd'hui une question intéressant les moteurs à explosion.

L'expression *autoxydation à chaud* pourrait surprendre. Nous rappellerons donc que nous entendons par autoxydation le phénomène suivant (2): union d'une molécule entière d'oxygène O^2 avec une molécule du corps autoxydable A, donnant naissance à un *peroxyde primaire* $A[O^2]$ (formé avec absorption d'énergie aux dépens du milieu), lequel peut ensuite évoluer de différentes manières vers des produits d'oxydation stables.

Nos expériences ont porté sur des hydrocarbures et quelques huiles animales et végétales. Elles ont été exécutées, comme nous le faisons d'habitude, dans des tubes manométriques. Un dispositif spécial permettait de chauffer à une température uniforme voulue (au bain d'huile) les

---

(1) Séance du 14 février 1927.

(2) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse : *Considérations sur l'autoxydation et les phénomènes catalytiques qui s'y rattachent* (*Deuxième Conseil de Chimie Solvay, Rapports et discussions*, 1925, p. 524-611).

ampoules contenant le produit. L'oxydation était ainsi appréciée par la diminution du volume d'oxygène offert à la matière, au lieu de l'être, comme celles des auteurs qui nous ont précédés, d'après la teneur en oxygène du produit oxydé. Pour diverses raisons nous avons adopté dans nos essais la température de 160°.

I. *Hydrocarbures paraffiniques.* — Notre matière première était une cire de paraffine ayant distillé, sans décomposition, à 250°-260° sous 1 à 2^{mm}.

a. Nos observations confirment sur plusieurs points celles de nos devanciers (Bolley et Tuchsmid, Jasoukowitch, Perkin, Fanto, Francis Francis, Grün, etc.), à savoir :

En dépit de leur nom et de ce qui est couramment admis, ces hydrocarbures saturés manifestent une affinité notable pour l'oxygène libre à une température relativement peu élevée (négligeable aux environs de 100°, l'autoxydation est intense vers 160°); l'autoxydation peut se produire sans catalyseur, et elle est autocatalytique; elle est précédée d'une période d'induction, laquelle peut être supprimée par l'addition à la paraffine d'un peu de matière ayant déjà subi un commencement d'oxydation.

Il se forme des peroxydes instables au cours de l'autoxydation.

b. A la dose de 1 pour 100 : α. ont considérablement ralenti la vitesse d'absorption de l'oxygène les corps suivants : αα-dinaphtylamine, ββ-dinaphtylamine, méthylaniline, vert malachite; β. se sont encore montrés nettement ralentisseurs les suivants : α-naphtol, hydroquinone, pyrocatéchine, résorcine, pyrogallol, disulfure de phényle, acide gallique, aniline, triphénylamine, *p*-phénylène-diamine, *p*-nitrosodiméthylaniline, leucobase du vert malachite, iode, iodure de sodium, triiodure d'arsenic, soufre [1], plomb-tétréthyle, plomb-tétrapropyle, étain-tétraméthyle; γ. l'acide salicylique, le violet de méthylène BN, la cétone de Michler, l'étain tétréthyle, n'ont ralenti l'oxydation que très faiblement; avec certains catalyseurs (diphénylamine, triphénylamine, bleu de méthylène, arsenic), on a constaté une inversion du signe de la catalyse au cours de l'expérience.

Plusieurs de ces substances ont encore nettement exercé une action antioxygène à la dose de 1 pour 1000, certaines même avaient encore une action appréciable à 1 pour 10000.

II. *Naphtalène, tétrahydronaphtalène, décahydronaphtalène.* — L'autoxydation du tétrahydronaphtalène est notablement supérieure à celle de

---

[1] Rappelons ici une intéressante observation de Siebeneck, d'après laquelle l'oxydation de la paraffine est empêchée par de petites quantités de soufre ou de sélénium.

la paraffine, le décahydronaphtalène est moins oxydable, le naphtalène est très peu oxydable.

A la dose de 1 pour 100 : le pyrogallol, le vert malachite et sa leucobase, le bleu de méthylène, ont ralenti plus ou moins notablement l'oxydation du tétrahydronaphtalène; les deux dinaphtylamines, opposées au décahydronaphtalène, ont nettement ralenti l'oxydation, tandis que, opposées au tétrahydronaphtalène, elles l'ont d'abord ralentie, puis accélérée.

III. *Pétrole.* — *a.* Le produit qui servait à nos essais était un pétrole de Péchelbronn. Une partie fut divisée par distillation en 12 fractions. L'échantillon complet et les diverses fractions furent étudiés séparément.

On a pu, pour plusieurs fractions, reconnaître la formation de peroxydes.

b. L'autoxydation de la fraction bouillant à 75°-85° sous 12^{mm} (nous nous en tiendrons ici à cet exemple) a été plus ou moins notablement ralentie, à la dose de 1 pour 100, par l'α-naphtol, l'hydroquinone, le pyrogallol, le bisulfure de phényle, la monométhylaniline, l'$\alpha\alpha$-dinaphtylamine, le vert malachite, le soufre, le plomb-tétréthyle; se sont d'abord montrés antioxygènes, puis, en prolongeant l'expérience, sans action, l'iode, la diphénylamine, la triphénylstibine.

On a, d'autre part, pu caractériser les peroxydes dans les cas où l'autoxydation avait été notable.

IV. *Huiles animales et végétales.* — L'autoxydabilité de l'huile de *Centrophorus granulosus*, de l'huile de spermaceti, de l'huile de foie de morue et de l'huile d'arachides, surpasse celle de la paraffine, tandis que celle de l'huile de coprah est sensiblement moindre.

L'autoxydation de l'huile d'arachides (la seule sur laquelle on ait fait quelques essais d'action catalytique) a été nettement ralentie, à la dose de 1 pour 100, par le vert malachite, tandis que le triiodure d'arsenic, l'hydroquinone, les deux dinaphtylamines, ont été trouvés sensiblement inertes.

Le mode d'action des antidétonants. — Il nous paraît que l'action des antidétonants, utilisés, comme on sait, pour empêcher la production du « choc » dans le fonctionnement des moteurs, doit s'exercer dans la phase liquide, et non, ainsi qu'on l'admet couramment, dans la phase gazeuse du carburant. D'une part, en effet, un grand nombre de corps à propriétés nettement antidétonantes n'ont qu'une très faible volatilité (par exemple le tétréthylplomb bout en se décomposant à 200°, la triphénylamine bout

au-dessus de 360°), et leur tension de vapeur est encore abaissée par suite de la dissolution dans la phase liquide, et, d'autre part, le choc ne s'observe pas, en général, avec les carburants très volatils (par exemple avec l'alcool méthylique, qui bout à 66°), qui, par conséquent, se gazéifient totalement dans le moteur chaud sans laisser de vésicules liquides, alors qu'il y a, dans le cas des carburants peu volatils, ceux qui donnent habituellement le choc, une phase liquide.

On est ainsi amené à attribuer à la phase liquide, pour les carburants peu volatils, un rôle important dans la détonation. A nos yeux, ce sont les peroxydes qu'elle contient qui jouent ce rôle. Ces substances en effet, dont la formation précède, selon nous, toute autoxydation, ont les propriétés explosives de ce genre de corps(¹). Dans le choc (phénomène qui d'ailleurs est sans doute assez compliqué), les peroxydes de la phase liquide amorceraient par leur détonation (à la manière du fulminate) la combustion détonante de la phase gazeuse, à moins, hypothèse qu'on ne doit pas tenir pour invraisemblable, que leur seule explosion ne suffise à expliquer le choc.

L'autoxydation du carburant dans les vésicules liquides pendant que le moteur est en action ne nous paraît pas pouvoir être mise en doute, puisque, d'après nos expériences ci-dessus relatées, des conditions très favorables (température élevée, compression) s'y trouvent réalisées; il en est même une qui est réalisée ici et qui manque dans nos essais, c'est l'extrême division du liquide (brouillard) dans l'atmosphère oxydante, qui multiplie énormément les surfaces de contact et, par suite, la vitesse de réaction. Nous nous sommes toutefois préoccupés de mettre en évidence les peroxydes pendant le fonctionnement du moteur (avec le concours de M. Auclair); nous y sommes parvenus à deux reprises, et une fois, en particulier, les réactions caractéristiques ont été très intenses; mais il ne nous a pas été possible de définir avec certitude les conditions permettant à coup sûr de réussir l'expérience.

L'idée que nous nous faisons du choc nous paraît susceptible d'expliquer

---

(¹) L'explosibilité des peroxydes d'autoxydation est très souvent une cause de dangers dans certaines opérations, entre autres exemples, dans la fabrication de l'acide acétique par autoxydation de l'acétaldéhyde. Nous-mêmes, nous avons eu un accident très grave au cours d'expériences sur l'autoxydation de l'acroléine.

Particulièrement intéressante pour le sujet actuel est l'observation de Grün, qui a constaté une explosion de peroxydes d'autoxydation précisément en opérant sur des hydrocarbures paraffiniques.

différentes particularités qui en sont la conséquence. A l'appui de notre conception, rappelons que l'on favorise le phénomène en augmentant la concentration en oxygène (soit par élévation du taux de compression, soit en alimentant le moteur avec de l'oxygène pur), qui doit manifestement avoir pour effet d'accroître l'intensité de la peroxydation.

Quant aux antidétonants, il est clair qu'ils agiraient comme antioxygènes dans la phase liquide, où ils empêcheraient la formation des peroxydes et par suite le choc, qui est lié à leur destruction explosive. De fait, comme nous l'avons indiqué plus haut, le plomb-tétréthyle, en particulier, est antioxygène vis-à-vis du pétrole.

Les détails de ces recherches seront publiés dans un autre Recueil.

MAGNÉTISME. — *Sur le moment atomique dans les complexes de la famille du fer.* Note (1) de M. **Pierre Weiss**.

Je me propose d'établir une règle simple permettant de ramener les moments des ions complexes de la famille du fer à ceux des ions normaux, sans chercher à déduire ces moments d'une répartition hypothétique des électrons entre les sous-étages M, comme l'ont fait plusieurs auteurs (2).

I. Cabrera a montré que les moments dominants des ions normaux se placent, en fonction du nombre des électrons qu'ils renferment, sur la courbe de la figure ci-après. On obtient ce nombre que j'appellerai le *nombre atomique effectif* de l'ion en retranchant sa valence du nombre atomique de l'atome correspondant.

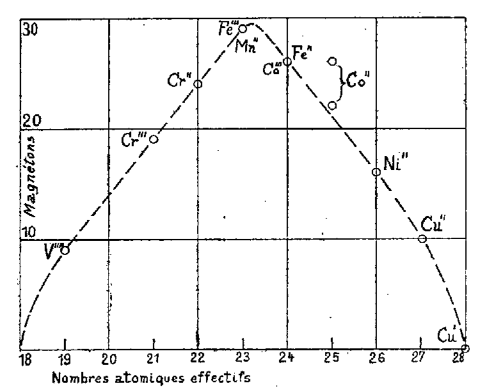
Certains complexes ont le même moment que l'ion normal de même valence. Ce sont ceux de Cr''' (indice de coordination 6), de Ni'' (indices 4 et 6) et de Cu'' (indice 4). Les autres : Fe'' (indice 6; exemple : ferrocyanures), Fe''' (indice 6; exemple : ferricyanures) et Co''' (indice 6, exemple : cobaltamines) ont des moments différents de ceux des ions normaux. Mais leurs moments se trouvent sur la courbe à *une abscisse égale au nombre effectif de l'ion normal, augmenté de 4 unités.* On trouve ainsi, conformément à l'expérience, que les complexes ferreux et cobaltiques sont de moment nul comme Cu' et que les complexes ferriques ont le même moment que Cu''.

(1) Séance du 14 février 1927.

(2) Cabrera, *J. de Phys.*, 6, 1925, p. 273. — Welo et Baudisch, *Nature*, 116, 1925, p. 359. — Jackson, *Phil. Mag.*, 7e série, 2, 1926, p. 86.

II. On peut rendre compte de ce décalage d'abscisse, nul où égal à 4, en évaluant le *nombre atomique effectif des complexes*.

Soient i l'indice de coordination et v la valence. D'après Sidgwick [1] chaque groupement (ion ou molécule neutre) en liaison complexe avec l'atome central lui apporte deux électrons qui décrivent des orbites entourant à la fois l'atome central et le groupement. Le nombre des électrons gravitant autour de l'atome central est donc $N - v + 2i$.



La connaissance de cette courbe est limitée par le caractère un peu arbitraire de la notion de moment dominant, dans les cas où un même ion peut prendre différents moments. Ainsi l'ion Co'' existe avec 22, 23, 24, 25 ou 26 magnétons. Ce sont les moments extrêmes de 22 et de 26 magnétons qui ont été portés dans la figure.

La combinaison chimique, tant complexe que polaire, tend à réaliser dans l'étage extérieur la configuration électronique de stabilité maxima qu'est la couronne superficielle de huit électrons des gaz inertes. Cette couronne a un moment magnétique nul. Plus généralement, on peut admettre avec G. N. Lewis que la combinaison chimique résulte de la formation de p paires d'électrons de moment nul. Le nombre atomique effectif N' sera donc inférieur de $2p$ au nombre des électrons qui entourent le noyau de l'atome central, soit :

$$N' = N - v + 2i - 2p.$$

Le plus souvent, la couronne de moment nul sera composée de 8 électrons comme dans les gaz inertes. Mais il se peut aussi que l'influence de la symétrie sénaire de l'étage sous-jacent M, qui se manifeste déjà par l'indice de coordination 6, l'emporte sur la tendance à la formation de l'étage exté-

---

[1] SIDGWICK, *Coordination compounds and the Bohr atom* (*J. of Chem. Soc., Trans.*, 123, 1923, p. 725).

rieur des gaz inertes, et impose une couronne de moment nul de 12 électrons, c'est-à-dire $p = 6$.

Si l'on admet que le premier cas est celui des complexes d'indice 4 de Ni'' et de Cu'', et des complexes d'indice 6 de Co''', Fe'' et Fe''', et le second celui des complexes d'indice 6 de Cr''' et de Ni'', on obtient les valeurs du nombre atomique effectif N' qui donnent par la courbe les moments ioniques exacts.

III. On peut mettre à l'épreuve cette méthode de détermination du moment par le nombre atomique effectif en l'appliquant au nickel-carbonyle $Ni(CO)^4$ et au fer-carbonyle $Fe(CO)^5$. Puisque CO est une molécule neutre, on peut considérer ces substances comme des complexes d'indice 4 et 5 et de valence nulle. Ici l'indice de coordination n'indiquant pas l'influence de la symétrie sénaire de l'étage M, il n'y a pas de raison pour admettre une couronne superficielle d'électrons autre que celle des gaz inertes, et par suite $p = 4$. Donc, pour $Ni(CO)^4$,

$$N' = 28 + 8 - 8 = 28;$$

pour $Fe(CO)^5$,

$$N' = 26 + 10 - 8 - 28,$$

abscisse à laquelle correspond sur la courbe un moment nul. Et en effet Oxley a montré que les deux substances sont diamagnétiques.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur une extension de la méthode d'Oseen.* Note [1] de M. **Henri Villat.**

On sait que M. C.-W. Oseen a étudié un mouvement limite d'un fluide indéfini, dont la viscosité tend vers zéro, et contenant un solide mobile. On trouvera dans nos *Leçons sur l'Hydrodynamique* actuellement sous presse, un exposé de ces beaux résultats, et des importantes applications obtenues par M. N. Zeilon (*Kung. Svenska Vetenskapsakademiens,* 1923).

On peut étendre les résultats de MM. Oseen et Zeilon au cas d'un fluide *limité*. Je vais indiquer les calculs par exemple pour un problème typique à deux dimensions, la marche suivie se généralisant ensuite assez facilement.

Je suppose une lame rectiligne placée sur un axe Ox, et se déplaçant avec la vitesse V dans le sens Oy. Une paroi plane, dont la trace est Oy, limite le fluide. On peut alors traiter le problème directement en ne tenant

(1) Séance du 14 février 1927.

compte que du domaine occupé réellement par le fluide. On obtient une présentation plus élégante des calculs, par le procédé des images, en envisageant un fluide illimité, mais contenant *deux* lames égales, symétriques par rapport à Oy.

Le domaine extérieur à ces deux lames dans le plan $z = x + iy$, est doublement connexe. On peut le représenter sur un anneau d'un plan Z, par divers procédés [cf. mon Mémoire *Sur la représentation conforme des aires doublement connexes* (*Annales de l'École Normale*, 1921)]. On peut aussi faire usage d'un élégant résultat dû à MM. J. Hodgkinson et E.-G.-C. Poole (*Proceed. London Math. Soc.*, 1923); de toute façon, on s'assure aisément que la relation

$$z = i\mathrm{A}\left[\zeta\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log \mathrm{Z} - \frac{\omega_3}{2}\,\middle|\,\omega_1\,\omega_3\right) - \zeta\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log \mathrm{Z} + \frac{\omega_3}{2}\right) + \zeta\,\frac{\omega_3}{2} + \zeta_3\,\frac{\omega_3}{2}\right],$$

où A est une constante réelle, fait correspondre le domaine considéré à un anneau dont les frontières Γ et Γ' ont les rayons 1 et q. La longueur commune des deux lames est $l = -2\mathrm{A}\sqrt{e_2 - e_3}$.

On se trouve alors amené, pour déterminer le mouvement (lequel mouvement est tourbillonnaire à l'arrière des lames), à rechercher d'abord un potentiel φ vérifiant les conditions suivantes :

(1) $$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = \mathrm{V} \quad \text{sur l'avant des lames,}$$

(2) $$\frac{\partial\varphi}{\partial x} = 0 \quad \text{sur l'arrière,}$$

(3) $$\frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{\partial\varphi}{\partial y} = 0 \quad \text{à l'infini,}$$

et telle en outre que la pression totale R calculée pour une lame soit finie.

Posant $\varphi_1 = \varphi - \mathrm{U}y$, φ_1 est la partie réelle d'une fonction analytique $f_1(z)$, dont la dérivée $\Phi_1 = a + ib$ sera telle que $a = 0$ à l'arrière des lames, et $b = 0$ à l'avant.

Nous tombons alors sur un cas particulier d'un problème qu'on peut résoudre comme je l'ai indiqué récemment [*Sur un problème généralisé de Hilbert, concernant les fonctions analytiques* (*C. R. du Congrès des Soc. Sav.*), Poitiers, avril 1926]. Ici tout revient à construire une fonction F(Z) dont la partie imaginaire soit $-\frac{i\pi}{2}$ ou 0 sur les demi-circonférences de Γ et Γ', qui correspondent à l'avant et à l'arrière des lames. L'emploi de ma formule générale (*Rendiconti di Palermo*, 1912, p. 134-175) conduit à

l'expression

$$F(z) = \frac{1}{2}\log\frac{\sigma u\,\sigma_3(u-\omega_1)}{\sigma(u-\omega_1)\,\sigma_3 u} \qquad \left(u = \frac{\omega_1}{i\pi}\log Z\right)$$

et la fonction

$$\Phi_0 = i\sqrt{\frac{\sigma_3(u-\omega_1)\,\sigma u}{\sigma(u-\omega_1)\,\sigma_3 u}}$$

satisfait aux conditions imposées à Φ_1.

Mais on n'a pas nécessairement $\Phi_1 = \Phi_0$, car toute fonction $\Phi_0 \times \gamma$, où γ représente une fonction régulière dans l'anneau, et réelle sur les deux frontières, satisfait aux mêmes conditions. Naturellement $\gamma(Z)$ devra avoir quelque point singulier sur Γ ou Γ', à moins d'être une constante; ici les seuls points singuliers possibles sont $Z = \pm 1$ et $Z = \pm q$.

Or il est aisé de reconnaître que la fonction

$$\gamma_0(Z) = A_0\zeta u + A_1\zeta_1 u + A_2\zeta_2 u + A_3\zeta_3 u + C,$$

où tous les coefficients sont supposés réels, possède les points singuliers signalés, et qu'elle est réelle sur les deux frontières moyennant la condition

$$A_0 + A_1 + A_2 + A_3 = 0.$$

Prenons $\Phi_1 = \Phi_0\gamma_0$; le potentiel φ qui en résulte satisfait aux conditions (1) et (2); il reste encore à satisfaire aux conditions à l'infini, et à celles qui concernent la pression R sur une lame. Ces nouvelles conditions, jointes à des considérations de symétrie, achèvent de définir, après diverses transformations, la valeur convenable de Φ_1 :

$$\Phi_1 = \frac{V}{\sqrt{2}}\left[(e_1 - e_3)^{\frac{1}{4}}\sqrt{\frac{\xi_{21}u}{\xi_{30}u}} - (e_1 - e_3)^{-\frac{1}{4}}\sqrt{\frac{\xi_{30}u}{\xi_{21}u}}\right].$$

Ici $(e_1 - e_3)^{\frac{1}{4}}$ possède sa détermination arithmétique, et $\sqrt{\frac{\xi_{21}u}{\xi_{30}u}}$, ou son inverse, ont leur détermination positive pour $0 < u < \omega_1$, détermination qu'on suit par continuité dans tout le reste du domaine.

Le calcul de la pression totale R sur une lame est alors possible; z_1 et z_2 étant les affixes des extrémités de la lame placée sur Ox positif, on trouve

$$R = \rho V^2 l - \frac{\rho}{2}\int_{z_1}^{z_2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2_{(\text{avant})} dx + \rho V\int_{z_2}^{z_1}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)_{\text{arrière}} dx,$$

les deux intégrales étant prises, l'une sur la face avant, l'autre sur la face arrière de la lame Γ. ρ est la densité du fluide.

L'intégrale $\int \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2_{\text{avant}} \frac{dx}{du}du$ se ramène, après diverses simplifications, à l'intégrale de la fonction elliptique $\dfrac{pu - 2e_3 + p\,\frac{\omega_3}{2}}{pu - p\,\frac{\omega_3}{2}}$.

Au contraire, la fonction $\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)_{\text{arrière}} \frac{dx}{du}$ n'est pas elliptique, et son intégration nécessite des raisonnements assez minutieux.

Le résultat des calculs est le suivant :

$$\frac{R}{l} = \frac{\rho V^2}{2}\left[1 - i\eta_1\omega_3 + 2i\omega_1\zeta\frac{\omega_3}{2} - \omega_1\left(\sqrt{e_1 - e_3} - \sqrt{e_2 - e_3}\right)\right].$$

On peut traiter d'une manière analogue d'autres cas, par exemple celui d'une lame plane, faisant avec la paroi Oy un angle quelconque, celui d'une circonférence dans un fluide limité par Oy, etc., et le cas de *deux* tels solides dans un fluide *illimité*, mais *sans* symétrie. Le principe de la méthode reste le même. On trouvera les développements dans le Mémoire détaillé.

Le cas du fluide limité par *deux* parois planes ressortit également à la même méthode, avec diverses circonstances simplificatrices possibles.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie du tome quatrième, fascicule 5, de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous sa direction : *Solanacées* (fin); *Scrofulariacées*, par Bonati; *Orobanchacées*, par Fr. Pellegrin.

NOMINATIONS.

Le **Comité Brésilien** organisateur d'un hommage à la mémoire de *Dom Pedro II*, Empereur du Brésil, prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter à l'inauguration de la plaque commémorative qui sera posée 17, rue de l'Arcade, le 23 février.

M. **M. d'Ocagne** est désigné pour représenter l'Académie à cette cérémonie.

M. **Albert Michelson** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *deux-centième anniversaire* de la fondation, par *Benjamin Franklin*, de l'*American Philosophical Society held at Philadelphia for promoting Knowledge*.

CORRESPONDANCE.

M. **John Townsend**, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F. Monier, F. Chesney, Eugène Roux. *Traité théorique et pratique des Fraudes et des Falsifications*, deuxième édition, par F. Chesney et E. Roux. Tome second.

2° Jean Mascart. *Projet de bibliographie astronomique*.

3° Mémorial du Service géographique de l'Armée, faisant suite au *Mémorial du Dépôt général de la Guerre*. Tome I : *Description géométrique du Maroc. Introduction générale. Triangulation fondamentale : Parallèle de Meknès : a. Segment occidental* (entre Settat et Meknès). (Présenté par M. R. Bourgeois.)

4° *La santé et le travail des femmes pendant la guerre*, par M. Marcel Frois. (Présenté par M. Roux.)

M. **Paul Helbronner** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *Haton de la Goupillière*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les quadriques de l'espace riemannien à trois dimensions.* Note de M. **W. Slebodzinski.**

Nous appelons quadrique d'un espace riemannien (V_3) la surface (Q) dont les lignes asymptotiques sont des géodésiques de (Q) et, par conséquent, de (V_3). Construisons en un point M de (Q) un trièdre formé de deux vecteurs unitaires $\bar{e}_1$, $\bar{e}_2$ tangents aux lignes de courbure et d'un vecteur $\bar{e}_3$ normal à (Q). En désignant par γ_{ijk} les rotations de ce trièdre [1] et par ω l'angle que fait une ligne de (Q) passant par M avec le vecteur $\bar{e}_1$, l'équation des lignes asymptotiques devient

$$\gamma_{232}\cos^2\omega + \gamma_{131}\sin^2\omega = 0. \tag{1}$$

Lorsque les lignes asymptotiques sont des géodésiques de (Q), on doit avoir

$$\frac{d\omega}{ds} + \gamma_{121}\cos\omega - \gamma_{212}\sin\omega = 0, \tag{2}$$

ds étant la différentielle de l'arc de la ligne asymptotique. Exprimons que la relation (2) est satisfaite pour les deux valeurs de $\tan g\,\omega$ déduites de l'équation (1); il viendra

$$\frac{\partial \log}{\partial s_1}\left[\frac{k_1^{(n)}}{k_1^{(n)} - k_1^{(g)}}\right] = 2k_2^{(g)}, \qquad \frac{\partial \log}{\partial s_2}\left[\frac{k_2^{(n)}}{k_2^{(n)} - k_2^{(g)}}\right] = 2k_1^{(g)}, \tag{3}$$

où l'on a désigné par $k_1^{(n)} = \gamma_{131}$, $k_2^{(n)} = \gamma_{232}$, les courbures normales et par $k_1^{(g)} = \gamma_{121}$, $k_2^{(g)} = \gamma_{212}$ les courbures géodésiques des lignes de courbure, les différentiations étant prises par rapport à l'arc de ces courbes. On peut donc énoncer le théorème suivant :

Pour qu'une surface soit une quadrique de (V_3), il faut et il suffit que les courbures normales et géodésiques de ses lignes de courbure satisfassent aux relations (3).

Pour donner une application du théorème précédent, considérons un espace riemannien (L) dont l'élément linéaire est donné par la forme généralisée de Liouville [2]

$$ds^2 = \sum_{i=1}^{3} H_i^2\,dx_i^2, \qquad H_i^2 = \frac{(x_{i-1} - x_i)(x_i - x_{i+1})}{a_i}, \tag{4}$$

[1] Nous renvoyons pour les notations à E. Cartan, *La Géométrie des espaces de Riemann* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. IX, 1926, p. 43).

[2] G. Ricci et F. Levi-Cività, *Méthodes de Calcul différentiel absolu et leurs applications*, Chap. V, § 4 (*Math. Annalen*, 54, 1901, p. 125).

a_i étant une fonction de la seule variable x_i (nous regardons dans toute la Note comme égaux deux indices différents de trois). Les rotations du trièdre formé de trois vecteurs unitaires tangents aux lignes coordonnées sont données par les formules

$$\gamma_{iji} = \frac{1}{2(x_i - x_j)\,\mathrm{H}_j}, \qquad \gamma_{ijk} = 0 \qquad (i, j, k = 1, 2, 3;\ \ i \neq j \neq k \neq i).$$

On vérifie aisément à l'aide des relations (3) que les surfaces $x_i = \text{const.}$ constituent une famille isotherme formée de quadriques. On voit de même que les quantités H_i satisfont aux trois équations de Lamé

$$\frac{\partial^2 \mathrm{H}_i}{\partial x_{i+1}\,\partial x_{i+2}} = \frac{1}{\mathrm{H}_{i+1}} \frac{\partial \mathrm{H}_{i+1}}{\partial x_{i+2}} \frac{\partial \mathrm{H}_i}{\partial x_{i+1}} + \frac{1}{\mathrm{H}_{i+2}} \frac{\partial \mathrm{H}_{+2}}{\partial x_{i+1}} \frac{\partial \mathrm{H}_i}{\partial x_{i+2}} \qquad (i = 1, 2, 3).$$

il en résulte que les trajectoires orthogonales des quadriques sont des courbes principales de l'espace (L). Réciproquement, si les courbes principales d'un (V_3) sont des trajectoires orthogonales de trois familles isothermes de quadriques, son élément linéaire est réductible à la forme (4). Ajoutons, ce qu'il est facile de vérifier, que la courbure riemannienne de la forme (4) est égale à une constante K, si l'on a

$$a_i = 4\mathrm{K}x_i^4 + \alpha x_i^3 + \beta x_i^2 + \gamma x_i + \delta,$$

α, β, γ, δ étant des constantes. De là résulte la proposition suivante :

Pour que l'élément linéaire d'un espace riemannien à trois dimensions soit réductible à la forme de Liouville, il faut et il suffit que ses congruences principales soient formées de trajectoires orthogonales de trois familles isothermes de quadriques. Si la courbure de l'espace n'est pas constante, la réduction ne peut être réalisée que d'une seule manière au plus, l'élément linéaire d'un espace à courbure constante est réductible d'une infinité de manières à la forme de Liouville.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la décomposition de l'espace par des ensembles fermés.* Note (¹) de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. J. Hadamard.

1. J'ai introduit, dans une Note précédente (²), la notion de nombres de Betti pour un ensemble fermé quelconque F comme généralisation naturelle

(¹) Séance du 7 février 1927.

(²) *Une définition des nombres de Betti pour un ensemble fermé quelconque* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 317). Le lecteur est supposé familiarisé avec les notions introduites dans cette Note.

de la notion de nombres de Betti d'un complexe. Or cette dernière notion peut être envisagée de plusieurs façons différentes, conduisant chacune à l'espèce correspondante de nombres de Betti de l'ensemble F. Nous ne considérons dans cette Note qu'une seule espèce de nombres de Betti, à savoir les nombres de Betti *modulo* 2 tels qu'ils se trouvent définis dans un récent Mémoire de M. Alexander (¹). Nous désignerons le $r^{\text{ième}}$ nombre de cette espèce (nombre de Betti de dimension r) de l'ensemble F par $p^r(F)$.

2. Cela posé, soit F un ensemble fermé et borné quelconque situé dans l'espace n-dimensionnel E^n; désignons par $q(F)+1$ (avec $0 \leqq q(F) \leqq \infty$) le le nombre (fini ou infini) de domaines connexes deux à deux disjoints dont la réunion constitue l'ensemble $E^n - F$ complémentaire à F. Le but principal de la Note présente est d'établir l'égalité fondamentale suivante :

$$q(F) = p^{n-1}(F). \tag{1}$$

Une conséquence immédiate de l'égalité (1) est le théorème suivant :

I. *Le nombre de domaines connexes complémentaires à un ensemble fermé* E, *situé dans* E^n, *est un invariant topologique de l'ensemble* F (²).

3. Pour démontrer l'égalité fondamentale, commençons par la définition auxiliaire suivante :

Soient C un complexe quelconque et $\overline{C}$ le complexe obtenu par une subdivision régulière (³) de C; appelons *aster barycentrique* un polyèdre constitué par tous les tétraédroïdes de $\overline{C}$ ayant en commun un sommet quelconque de C.

Cela posé, on démontre sans peine les deux propositions suivantes :

Lemme 1. — Le nerf du système (⁴) de tous les asters barycentriques d'un complexe donné C est identique avec C.

Lemme 2. — Soit donnée une déformation continue d'un complexe $C = C_0$, dépendant d'un paramètre, $(0 \leqq t \leqq 1)$; si, au cours de cette déformation, le complexe variable C_t reste toujours agrégé à C, les nombres de Betti ont pour les deux complexes C_0 et C_1 les mêmes valeurs respectives.

4. Démontrons maintenant l'inégalité $q(F) \geqq p^{n-1}(F)$. Nous le ferons dans la supposition $\dim F = n-1$, la démonstration pour le cas $\dim F = n$ n'exigeant qu'une modification tout élémentaire de l'exposé ci-dessous.

Soient donc donnés un entier k et un nombre positif ε tels que pour tout sys-

---

(¹) *Amer. Trans.*, 28, 1926, p. 318-319 [cf. aussi le Mémoire de MM. Veblen et Alexander cité, note (³)].

(²) Pour $n = 2$, on obtient le célèbre théorème de M. Brouwer sur l'invariance de la courbe fermée (*Comptes rendus*, 154, 1912, p. 862).

(³) Au sens de MM. Veblen et Alexander (*Annals of Math.*, 14, 1913, p. 175).

(⁴) Voir ma Note précédente, p. 317, nº 2.

tème (ε, n) recouvrant F, on a $p^{n-1}(N) \geqq k$, N désignant le nerf du système ; nous devons vérifier, dans ces conditions, l'inégalité $q(F) \geqq k$.

Considérons à cet effet une décomposition de l'espace E^n en des tétraédroïdes T de diamètre $< \frac{\varepsilon}{4}$. Soient $T_1, T_2, \ldots, T_h$ ceux parmi les T qui ont des points communs avec F; désignons par Q^* le complexe formé par les T_i. Choisissons dans chaque T_i un tétraédroïde τ_i étranger à F, et soit $\overline{Q}$ le complexe obtenu en enlevant de Q^* les points intérieurs des τ_i.

Si deux domaines A et B complémentaires à $\overline{Q}$ sont contenus dans un même domaine complémentaire à F, enlevons de $\overline{Q}$ un voisinage très mince d'un chemin polygonal étranger à F et joignant un point de A avec un point de B. Nous finirons par obtenir ainsi un complexe Q, contenant F et tel que $q(F) \geqq q(Q)$. En remarquant que Q possède dans chaque T_i une face adjacente à τ_i, il est facile de construire une déformation Δ de Q vérifiant les conditions du lemme II et réduisant Q en un complexe K^{n-1} situé tout entier sur le complexe constitué par les faces des T_i; au cours de cette déformation, tout point de Q reste d'ailleurs dans le même T_i.

En considérant maintenant une subdivision régulière de K^{n-1} avec ses asters barycentriques B_i, désignons par F_i l'ensemble de tous les points de F qui sont transformés (par la déformation Δ) en des points de B_i; on obtient ainsi un système (ε, n) recouvrant F; le nerf de ce système étant un sous-complexe de K^{n-1}, il en résulte que $p^{n-1}(K^{n-1}) \geqq k$, donc (en vertu du lemme II) $p^{n-1}(Q) \geqq k$, et (d'après le théorème de dualité de M. Alexander [1])] $q(Q) \geqq k$, c'est-à-dire *a fortiori* $q(F) \geqq k$.

5. L'inégalité inverse $q(F) \leqq p(F)$ résulte immédiatement de la proposition plus générale suivante :

LEMME III. — *Soient* Γ_i^{n-r-1} $(1 \leqq i \leqq k)$ *des complexes fermés situés dans* $E^n - F$ *et linéairement indépendants entre eux (par rapport aux homologies); pour* ε *assez petit, on a* $p^r(N) \geqq k$, *où* N *désigne le nerf d'un système quelconque recouvrant l'ensemble fermé* F, *dont* λ *est la dimension.*

La démonstration de ce lemme est basée sur l'application successive du lemme fondamental de ma Note *Sur la dimension des ensembles fermés* [2], du lemme II de la Note présente et du principe de dualité de M. Alexander. On doit en outre tenir compte du complexe C^λ (du lemme fondamental) identique avec le nerf du système de tous les polyèdres Π_i qu'on y considère.

6. Soit maintenant F une multiplicité cantorienne [3] de dimension λ. Nous dirons que F est une multiplicité cantorienne *fermée*, si l'on a pour tout sous-ensemble fermé Φ de F (autre que F lui-même) $p^\lambda(\Phi) = 0$, tandis que $p^\lambda(F) > 0$; si en outre $p^\lambda(F) = 1$, F sera dit une *multiplicité fermée*

(1) *Amer. Trans.*, 23, 1922, p. 333.
(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 640.
(3) Au sens d'Urysohn (cf. *Fund. Math.*, 7, 1925, p. 124).

simple. Ces définitions sont justifiées par le théorème suivant, dont la démonstration est maintenant facile [1].

II. *Pour qu'un continu* C *situé dans* E^n *soit la frontière commune de tous les domaines connexes qu'il détermine, il faut et il suffit qu'il soit une multiplicité cantorienne fermée à* $n-1$ *dimensions; le nombre de ces domaines sera d'ailleurs égal à* 2 *dans le cas, et dans ce cas seulement, où* C *est une multiplicité simplement fermée.*

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certains déplacements d'une quadrique dans l'espace projectif réglé.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Je vais considérer les déplacements à un paramètre d'une quadrique (Q) dont la biquadratique caractéristique est dégénérée en un quadrilatère gauche.

Dans une Note récente [2], j'ai montré que la demi-quadrique Q, sous-caractéristique d'un complexe linéaire γ dépendant d'un paramètre, avait pour caractéristique l'ensemble de deux droites non concourantes g et h. La quadrique (Q) qui contient les deux demi-quadriques complémentaires Q et Q′ a donc pour caractéristique un quadrilatère J formé des quatre droites consécutives g, g', h et h'.

Il est aisé d'établir géométriquement la réciproque en considérant trois positions successives, infiniment voisines, de la quadrique (Q).

Théorème I. — *Lorsqu'une quadrique* (Q) *se déplace de manière à avoir pour caractéristique un quadrilatère, la demi-quadrique* Q *engendre en général une congruence* W. *La demi-quadrique* Q *est d'ailleurs la sous-caractéristique du complexe linéaire* γ *qui est osculateur à la congruence* W.

Théorème I *bis*. — *Ce complexe linéaire* γ, *qui ne dépend que d'un paramètre* (*à moins qu'exceptionnellement il ne soit fixe*) *enveloppe un complexe* K_1 *admettant sur chacune de ses droites ordinaires deux foyers doubles inflexionnels de Kœnigs.*

D'ailleurs le complexe K_1 *contient manifestement les droites de la congruence* W (*qui est en effet la sous-enveloppe du complexe linéaire* γ); *sur chacune de ces droites exceptionnelles tous les points sont des foyers inflexionnels de Kœnigs.*

2. Définissons le réseau des complexes linéaires qui contiennent la demi-quadrique Q′ par les trois complexes suivants : 1° les complexes spéciaux dont les direc-

(1) Cf. aussi ma Note *Sur les multiplicités cantoriennes etc.* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 722).

(2) P. Mentré, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 724.

trices sont g et h; 2° l'unique complexe Γ_1 qui contient les droites g et h (ce complexe est défini par trois droites de Q', par g et par h).

Puisque les droites g et h constituent la caractéristique de Q, le complexe linéaire dg (qui est conjugué à g) appartient au faisceau linéaire $[g\Gamma_1]$ tandis que dh appartient au faisceau linéaire $[h\Gamma_1]$. Par différentiations on voit que les complexes linéaires d^2g et d^2h appartiennent respectivement aux réseaux linéaires $[g\Gamma_1 d\Gamma_1]$ et $[h\Gamma_1 d\Gamma_1]$ et que les complexes linéaires d^3g et d^3h appartiennent aux hyperréseaux linéaires $[g\Gamma_2 d\Gamma_1 d^2\Gamma_1]$ et $[h\Gamma_1 d\Gamma_1 d^2\Gamma_1]$. D'où :

THÉORÈME II. — *Les tangentes flecnodales relatives aux génératrices g et h des surfaces réglées (g) et (h) sont situées sur une quadrique variable* (R_1) *dont la caractéristique est un quadrilatère. La demi-quadrique* R_1, *dont les droites s'appuient sur les quatre tangentes flecnodales considérées, est d'ailleurs la sous-caractéristique d'un certain complexe linéaire* Γ_1, *contenant g, h, et* Q'. *Les deux directrices* R_1, l_1 *de la congruence linéaire caractéristique de* Γ_1 *sont les génératrices communes aux demi-quadriques osculatrices à (g) et à (h). La demi-quadrique* R_1 *(comme d'ailleurs la demi-quadrique complémentaire) engendre en général une congruence* W *à nappes focales réglées.*

3. M. Demoulin [1] a trouvé notamment, par un calcul simple, une intéressante propriété du pôle du plan qui est osculateur à la courbe engendrée par l'un quelconque des sommets du quadrilatère J, ce pôle étant pris par rapport à la quadrique (Q).

4. Parmi les propriétés que j'ai obtenues par la méthode de M. Cartan, avec emploi d'un repère mobile formé par quatre points à quatre coordonnées homogènes (définies à un multiple prés), je distinguerai les suivantes :

THÉORÈME III. — *Par les huit points qui sont les sommets de deux quadrilatères* J *infiniment voisins, il passe des quadriques formant un réseau (et non un faisceau).*

THÉORÈME IV. — *Les quadriques osculatrices aux surfaces réglées (g) et (g'), relatives aux génératrices g et g', se coupent suivant ces deux droites g et g' et en outre suivant une conique.*

THÉORÈME V. — *Les quatre coniques d'intersection des quadriques osculatrices relatives à deux côtés consécutifs quelconques du quadrilatère* J *sont situées sur une quadrique* (S) *qui appartient au réseau défini au théorème III.*

THÉORÈME VI. — *Les quatre plans définis par deux côtés consécutifs quelconques du quadrilatère* J *sont tangents à la fois aux quatre quadriques osculatrices aux surfaces réglées (g), (h), (g') et (h').*

---

(1) DEMOULIN, *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 462.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le potentiel et quelques théories connexes.* Note de M. **Georges Bouligand.**

I. Prenant dans l'intervalle (0,1) une fonction $f(t)$ mesurable et une valeur a, M. Paul Lévy a montré que $|f(t)-f(a)|^{-1}$ a dans ce segment une intégrale infinie presque partout (¹) : car f n'intervenant que par sa fonction sommatoire, on peut prendre f monotone; on achève alors facilement. Ce raisonnement et sa conclusion sont inopérants pour l'intégrale de $\{[f(t)-f(a)]^2+[g(t)-g(a)]^2\}^{-\frac{1}{2}}$: il existe des courbes planes de Jordan *non rectifiables, douées d'une métrique propre, avec nombre dimensionnel* δ *surpassant l'unité* (²) : une répartition uniforme de masses y donne un potentiel borné, d'après quoi ces courbes porteront efficacement, dans l'espace tridimensionnel, des données de Dirichlet. La courbe de Peano, obtenue par subdivision ternaire d'un carré, substitution à sa diagonale de diagonales convenables des carrés obtenus, et itération indéfinie de cette opération, nous donne un exemple; il rentre dans le type suivant, dans lequel on peut varier δ : on prend une suite $\{L_k\}$ de lignes polygonales inscrites à côtés égaux, les sommets de L_k appartenant à L_{k+1} et la figure formée d'un côté de L_k et du tronçon de L_{k+1} substitué à ce côté étant définie à une similitude près. *Par exemple,* on divise l'unité OC en 3 parties égales $OA=AB=BC$, sur AB, on construit un carré, soit A′B′ le côté opposé à AB; d'un côté de L_k, on passe au tronçon associé de L_{k+1} par une construction semblable à celle remplaçant OC par OAA′B′BC. Si OC est pris pour L_1, OAA′B′OC sera justement L_2, ...; des considérations faciles de similitude donnent ici $\delta=\log 5 : \log 3$ (car, l'unité de longueur étant divisée en 3, l'étalon associé d'étendue sur la courbe l'est en 5). Le fait que le potentiel en O est fini est alors immédiat, car les contributions de l'arc AC et des arcs semblables successifs constituent une progression géométrique de raison $3^{1-\delta}<1$.

II. Dans une Note récente (³), M. F. W. Perkins a prouvé la convergence des médiantes itérées d'une fonction $\mathcal{F}(P)$, continue dans un domaine

---

(¹) Paul Lévy, *Bull. des Sciences math.*, 2e série, 48, 1924, p. 359.

(²) Bouligand, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 246; Hausdorff, *Math. Ann.*, 69, 1918, p. 1 (*Dimension einer Punktmenge*).

(³) Perkins, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 182.

et sur sa frontière, vers la solution du problème de Dirichlet attachée aux valeurs périphériques de $\mathcal{F}(P)$. On peut remplacer la médiation par une substitution fonctionnelle linéaire, conservant la continuité dans le domaine et sur sa frontière, conservant les valeurs à la frontière, conservant l'unité et majorant les polynomes à coefficients positifs dans la région des coordonnées positives, où nous prenons notre domaine; *par exemple*, cette substitution peut consister en une médiation dans un volume associé à P, ayant les éléments de symétrie d'un ellipsoïde de centre P, d'axes parallèles à Ox, Oy, Oz (volume astreint à être intérieur au domaine et à ne s'annuler en aucun point intérieur). Cette idée peut d'ailleurs être variée de nombreuses manières sur lesquelles il serait superflu d'insister. On étend ainsi le principe de Dirichlet bien au delà du cadre des équations aux dérivées partielles.

III. Soit une famille de potentiels des vitesses F (P) harmoniques dans un domaine. Si les énergies correspondantes sont bornées dans leur ensemble, il en est de même des fonctions sous-harmoniques $\overline{\text{grad}}^2 F$, dans tout domaine intérieur ainsi que sa frontière au premier, donc il en est de même des F (dès que cela a lieu en un point) *qui forment une famille normale*, au sens de M. Paul Montel. Cela rend immédiat l'énoncé dans lequel M. S. Zaremba a englobé les principes de Dirichlet et de Neumann [1], car son identité conditionnelle mettant en évidence l'unicité, il suffit d'un *théorème de compacité* pour effectuer le prolongement fonctionnel, au moyen d'une suite de domaines s'offrant aux méthodes classiques et tendant, en se dilatant, vers le domaine donné. Le champ $\vec{V}$, équivalent aux données périphériques, ayant été fixé, on vérifie aisément que les énergies des potentiels successifs dans ces domaines sont inférieures à l'intégrale $\int \overline{V}^2 d\omega$, que M. Zaremba a eu soin de supposer finie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctionnelles également continues.* Note de M. **André Roussel**.

Au cours d'une Note récente [2] j'avais été conduit à montrer nettement qu'un ensemble renfermant une infinité de fonctions de ligne $\varphi(c)$ égale-

(1) Zaremba, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1129.

(2) A. Roussel, *Sur les ensembles de fonctionnelles également continues* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 185).

ment continues et bornées admet une fonctionnelle d'accumulation pourvu que les c satisfassent à certaines conditions. Je tiens à faire remarquer que M. M. Fréchet avait déjà établi, ce que j'ignorais, ce théorème en l'appliquant aux fonctionnelles les plus générales [1]. La condition que j'avais appelée (α) exprime que l'ensemble des c est *compact* [2], la condition (β) exprimant qu'il est *séparable*. Enfin M. Fréchet avait donné dans sa Thèse le même théorème, et avec une réciproque, sous une forme pas tout à fait équivalente [3].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le développement d'une transmutation linéaire en séries de puissances de la dérivation, et l'extension d'une transmutation distributive.* Note de M. **Paul Flamant**, présentée par M. Émile Borel.

I. J'ai indiqué dans une Note précédente [4] que la donnée des fonctions

$$T_1 = \xi_0(x), \qquad Tx = \xi_1(x), \qquad \ldots, \qquad Tx^n = \xi_n(x), \qquad \ldots,$$

ayant un domaine d'existence commun R définit toujours une transmutation linéaire de fonctions analytiques. La continuité de cette transmutation permet de l'appliquer terme à terme à certaines séries de Taylor. On obtient ainsi, en posant

$$T(x-a)^n = \eta_n(x, a),$$

$$T\varphi(x) = \varphi(a)\,\xi_0(x) + \frac{\varphi'(a)\,\eta_1(x, a)}{1} + \ldots + \frac{\varphi^{(n)}(a)\,\eta_n(x, a)}{n!} + \ldots,$$

d'où, en supposant égales les valeurs de a et de x, et en posant

$$\xi_0(x) = \alpha_0(x), \qquad \eta_n(x, x) = \alpha_n(x),$$

$$(1) \qquad T\varphi(x) = \alpha_0(x)\,\varphi(x) + \frac{\alpha_1(x)}{1}\varphi'(x) + \ldots + \frac{\alpha_n(x)}{n!}\varphi^{(n)}(x) + \ldots.$$

En précisant le mode de continuité, le raisonnement ci-dessus donne des

---

(1) M. Fréchet, *Sur les ensembles abstraits* (*Annales de l'École Normale supérieure*, **38**, 1921, p. 361); pour la définition des ensembles séparables, voir la page 341 de ce Mémoire.

(2) M. Fréchet, *Les ensembles abstraits et le Calcul fonctionnel* (*Rendiconti di Circolo matematico di Palermo*, **30**, 1910, p. 2, théorème 4).

(3) M. Fréchet, *Sur quelques points du Calcul fonctionnel* (*Rendiconti di Circolo matematico di Palermo*, **22**, 1906, p. 13, § 19).

(4) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 590-592.

conditions suffisantes pour la validité de cette formule. Les points intérieurs à R se répartissent en deux catégories : *tout point x de la première catégorie est centre d'un cercle J_x tel que* (1) *soit valable en ce point pour toute fonction holomorphe dans J_x et un peu au delà; tout point x de la deuxième catégorie permet d'associer à toute fonction positive croissante $t(r)$ un nombre p_x* (nul ou positif, fini ou infini) *tel que* (1) *soit valable en ce point pour toute fonction entière appartenant a un type de croissance $t(sr)$, $s < p_x$.*

En notant D la dérivation et $M_{\alpha(x)}$ la multiplication par $\alpha(x)$, la formule (1) s'écrit symboliquement

$$T = M_{\alpha_0(x)} + \frac{1}{1} M_{\alpha_1(x)} D + \ldots + \frac{1}{n!} M_{\alpha_n(x)} D^n + \ldots \tag{2}$$

II. Le second membre de cette formule est une série de puissances de D déterminée formellement par les $\xi_n(x)$, et qu'on peut étudier indépendamment de la théorie précédente. Elle représente une transmutation distributive qui, pour les polynomes, est définie et coïncide avec T.

On peut étudier la convergence de la manière suivante. Une définition de la norme étant adoptée pour les objets et une pour les résultats, j'appelle coefficient de continuité d'une transmutation linéaire la borne supérieure du rapport des normes d'un résultat et d'un objet correspondants. *Étant donnée une série de transmutations linéaires, si la série de leurs coefficients de continuité est convergente, la première série représente une transmutation linéaire définie pour tous les objets pourvus d'une norme suivant la définition adoptée.* Cette méthode des coefficients de continuité permet de voir que, quelles que soient les données, le second membre de (2) représente toujours une transmutation linéaire pour une famille de fonctions plus étendue que les polynomes, transmutation qui constitue par suite une extension de T.

En variant les définitions des normes, on arrive à des conclusions relatives à chaque point de R et semblables à celles de la partie I. *Les deux catégories de points coïncident.* Cette seconde méthode fournit des cercles J'_x et [si $t(r)$ satisfait à une certaine condition] des nombres p'_x dont je n'ai pas démontré l'identité avec J_x et P_x.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs limites des fonctions harmoniques.* Note [1] de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Émile Borel.

Lorsqu'une fonction harmonique $f(P)$, définie dans un cercle, tend vers une limite finie $f(M_0)$ lorsque le point P, intérieur au cercle, tend vers un point M_0 de la circonférence C, on dit que $f(P)$ prend la valeur $f(M_0)$ sur C. Si $f(M_0)$ existe partout sur C et est continue, $f(P)$ est donnée par l'intégrale de Poisson

$$(1) \qquad f(P)=f(\rho,\theta)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{r^2-\rho^2}{r^2+\rho^2-2r\rho\cos(\theta-u)}f(u)\,du.$$

Cette formule subsiste sous la seule condition que $f(P)$ soit bornée [2]; $f(M_0)$ est alors la limite de $f(P)$ suivant le rayon du point M_0, limite existant presque partout.

On peut se demander quelles sont toutes les valeurs limites de $f(P)$ lorsque P tend vers M_0 n'importe comment dans le cercle.

Si μ et ν sont le maximum et le minimum de $f(u)$, *à un ensemble de mesure nulle près,* lorsque u tend en décroissant vers u_0, argument de M_0, disons à gauche, on peut démontrer, en se servant des résultats cités de M. Fatou, que :

Le maximum et le minimum à gauche de la dérivée généralisée, finie ou infinie, de $\int_{u_0}^{u} f(u)\,du$, *sur l'ensemble des points où elle existe* [presque partout égale à $f(u)$], *sont respectivement* μ *et* ν.

On en déduit que les nombres dérivés, à gauche, de cette intégrale en u_0 sont compris entre μ et ν. Si μ' et ν' sont définis d'une façon analogue, à droite, et si l'on appelle $L(u_0)$ le plus grand de μ et μ' et $l(u_0)$ le plus petit de ν et ν', on a le résultat suivant :

a. Les points limites de la fonction harmonique $f(P)$, *lorsque* P *tend vers* M_0, *sont les points du segment* $L(u_0)\,l(u_0)$.

Soit $F(u)$ la fonction multiforme [3] ayant ces points pour valeurs en chaque point u_0 de C.

---

(1) Séance du 14 février 1927.

(2) Fatou, *Séries trigonométriques et séries de Taylor* (*Acta mathematica*, 30, p. 349; Thèse, 1906).

(3) Vasilesco, *Essai sur les fonctions multiformes de variables réelles* (Thèse, Gauthier-Villars, 1925).

b. Les fonctions $L(u)$ *et* $l(u)$ *sont leur propre maximum et minimum, à un ensemble de mesure nulle près.*

Ces résultats supposent seulement que la fonction $f(P)$ soit définie par l'intégrale (1), $f(u)$ étant sommable, bornée ou non. Dans les mêmes conditions on a :

c. $L(u)$ *est sommable sur l'ensemble des points où elle est négative et* $l(u)$ *sur celui où elle est positive.*

Réciproquement : *toute fonction multiforme* $F(u)$ *bornée ou non, possédant les propriétés a, b, c, peut être considérée comme la fonction limite sur la circonférence de fonctions harmoniques définies dans le cercle.*

Voici une de ces fonctions harmoniques. Soit $\mathcal{E}$ un ensemble de points u, somme d'une infinité dénombrable d'ensembles E_i (sans points communs deux à deux) de mesures m_i et tels qu'il y en ait un dans chaque intervalle. $\mathcal{E}$, partout dense, est supposé avoir une mesure aussi petite que l'on veut. On suppose en outre l'existence d'une suite de nombres positifs A_i croissant indéfiniment et tels que la série $\Sigma m_i A_i$ soit convergente.

Soit $\mathcal{E}'$ un autre ensemble analogue à $\mathcal{E}$ et sans point commun avec lui. On peut toujours réaliser ces conditions.

La fonction $f(u)$ égale sur E_i au plus petit des deux nombres A_i et $L(u)$, sur E'_i au plus grand des deux nombres $-A'_i$ et $l(u)$, aux autres points à la valeur la plus voisine de zéro comprise entre $L(u)$ et $l(u)$, est sommable et elle donne par la formule (1) une fonction harmonique répondant à la question.

Si $F(u)$ *est bornée* toute fonction harmonique répondant à la question est donnée par (1), où $f(u)$ est liée à $F(u)$ de la façon indiquée au début; $f(u)$ n'est donc extérieure à l'intervalle $L(u)l(u)$ que pour un ensemble de mesure nulle de points u, et peut par suite être considérée comme étant partout intérieure à cet intervalle. Il y a en général toute une famille de fonctions $f(u)$ et par conséquent de fonctions $f(P)$, répondant à la question.

Pour qu'il n'y ait qu'une seule fonction harmonique dans le cercle prenant sur la circonférence des valeurs limites bornées données $F(u)$, *il faut et il suffit que* $F(u)$ *soit presque partout uniforme.*

La condition évidemment suffisante est nécessaire car, si $L(u) - l(u)$ était supérieure à un nombre positif ω pour un ensemble de points de mesure non nulle λ, on pourrait former deux ensembles complémentaires E et E' de mesures non nulles dans tout intervalle, E' de mesure suffisamment petite pour que les fonctions $f_1(u)$, égale à $L(u)$ sur E et à $l(u)$ sur E',

et $f_2(u)$, égale à $L(u)$ sur E' et à $l(u)$ sur E, définissent par la formule (1) deux fonctions $f_1(\rho, \theta)$ et $f_2(\rho, \theta)$, dont la différence

$$\frac{1}{2\pi}\int_E \frac{r^2-\rho^2}{r^2+\rho^2-2r\rho\cos(\theta-u)}[L(u)-l(u)]\,du$$
$$-\frac{1}{2\pi}\int_{E'} \frac{r^2-\rho^2}{r^2+\rho^2-2r\rho\cos(\theta-u)}[L(u)-l(u)]\,du,$$

soit positive et non nulle.

Nous avons résolu ainsi une espèce de problème de Dirichlet.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique, mot par mot, lorsque $F(u)$ est non bornée, mais finie, et que $L(u)$ et $l(u)$ sont sommables; il ne s'agit d'ailleurs que des fonctions harmoniques données par l'intégrale de Poisson, appliquée à une fonction sommable.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration des suites de fonctions sommables*. Note [1] de M. **Gr. Fichtenholz**, présentée par M. Émile Borel.

Dans la Note de M. Kovanko [2] sur ce sujet j'ai trouvé la démonstration de la proposition suivante :

Soit $f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x), \ldots$ une suite de fonctions sommables, dans l'intervalle (a, b), qui converge presque partout vers la fonction limite $f(x)$. Supposons : 1° qu'il existe la limite déterminée et finie

$$\mathfrak{J}(E) = \lim_{n=\infty} \int_E f_n(x)\,dx, \tag{1}$$

quel que soit l'ensemble mesurable E contenu dans (a, b), et 2° que cette fonction d'ensemble E soit absolument continue et additive. Alors la fonction $f(x)$ est elle-même sommable et l'on a de plus

$$\lim_{n=\infty} \int_E f_n(x)\,dx = \int_E f(x)\,dx. \tag{2}$$

Je veux signaler que l'hypothèse 2° est superflue ici, en sorte que *l'existence même de la limite* (1) *suffit pour que l'on ait toujours la relation* (2).

---

(1) Séance du 31 janvier 1927.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 561-564; **183**, 1926, p. 436 (*Errata*).

J'avais fait déjà cette remarque en 1918 ([1]); elle résulte d'ailleurs aisément du théorème fondamental de M. Vitali ([2]) sur l'intégration terme à terme de la suite convergente de fonctions sommables :

Pour que la relation (2) *ait lieu, quel que soit l'ensemble mesurable* E, *il faut et il suffit que l'intégrale* $\int_E f_n(dx)$ *soit une fonction d'ensemble* E *uniformément absolument continue* ([3]), ainsi que du lemme suivant, essentiellement dû à M. Lebesgue ([4]) :

Si, pour une suite de fonctions $f_n(x)$ *(convergente ou non), il existe la limite finie* (1), *quel que soit l'ensemble mesurable* E, *l'intégrale* $\int_E f_n(x)\,dx$ *sera une fonction uniformément absolument continue.*

J'avais précisé davantage cette proposition, en y remplaçant l'ensemble mesurable quelconque par le système arbitraire d'intervalles non empiétants (ou, si l'on veut, par l'ensemble parfait quelconque). Donc, *si même l'existence de la limite* (1) *n'est assurée que pour les systèmes d'intervalles (ou pour les ensembles parfaits), on a l'équation* (2) *pour tous les ensembles mesurables* ([5]).

Je profite de l'occasion que m'offre cette Note pour faire une remarque à propos du lemme suivant que M. Kovanko a énoncé dans sa Note récente ([6]) sur le même sujet :

Soit $f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x), \ldots$ *une suite de fonctions totalisables, dans l'intervalle* (a, b), *qui converge presque partout vers* $f(x)$. *Quels que soient l'ensemble parfait* P *et l'intervalle* (c, d), *il existe dans* (c, d) *un intervalle* (c', d') *tel que, sur la partie* P' *de* P, *située dans* (c', d'), $f_n(x)$ *est sommable pour*

([1]) Dans ma Thèse, *Théorie des intégrales définies dépendantes d'un paramètre* (en russe) (Petrograd, 1918, p. 152-153).

([2]) *Sull'integrazione per serie* (*Rend. del Circ. Mat. di Palermo*, **23**, 1907, p. 147).

([3]) Cela veut dire qu'à tout nombre positif ε si petit qu'il soit, on peut faire correspondre un nombre positif δ, indépendant de n, tel que l'on ait

$$\left|\int_E f_n(x)\,dx\right| < \varepsilon,$$

pourvu que Mes. E $< \delta$.

([4]) *Sur les intégrales singulières* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, **1**, 1909, p. 58). M. Lebesgue s'était borné à l'hypothèse $\delta(E) = 0$.

([5]) Cf. ma Thèse, p. 98, 153; *Sur les suites convergentes*, etc., p. 115, 117.

([6]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 471,

tout $n > \mathfrak{N}$ ($\mathfrak{N}$ *suffisamment grand*), *et, de plus*,

$$\lim_{n=\infty} \int_E f_n(x)\,dx$$

(E *toute partie mesurable de* P′) *est une fonction absolument continue et additive de l'ensemble* E.

Or, il est aisé de construire une suite convergente de fonctions sommables (et, *a fortiori*, totalisables) telle que la relation (2) n'ait point lieu pour aucun intervalle (x', x'') $(a \leqq x' < x'' \leqq b)$. Alors, en vertu du théorème de M. Vitali et du lemme de M. Lebesgue (cités plus haut), dans chaque intervalle (x', x'') on peut trouver un ensemble mesurable E tel que, pour cet ensemble, la limite (1) n'existe pas du tout. Cela paraît être en contradiction avec le lemme ci-dessus, si l'on y choisit, pour l'ensemble P, l'intervalle fondamental (a, b).

Une telle fonction était construite, par exemple, par M. Vitali [1] comme il suit. Soient $f_n(x) = n^2$, si la valeur de x est comprise dans le système S_n d'intervalles

$$\left(\frac{k}{n}, \frac{k}{n} + \frac{1}{n^3}\right) \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots, n-1),$$

et $f_n(x) = 0$ partout ailleurs. On a presque partout

$$\lim_{n=\infty} f_n(x) = 0;$$

d'autre part, si $0 \leqq x' < x'' \leqq 1$, on a

$$\lim_{n=\infty} \int_{x'}^{x''} f_n(x)\,dx = x'' - x' > 0.$$

Dans ce cas, on voit aisément que l'on obtient un ensemble E en prenant une suite croissante de nombres naturels *croissant assez vite*

$$(3) \qquad n_1 < m_1 < n_2 < m_2 < \ldots < n_k < m_k < n_{k+1} < \ldots$$

et en posant

$$E_k = S_{n_k} - \sum_{i=k}^{\infty} S_{m_i}, \qquad E = \sum_{k=1}^{\infty} E_k.$$

---

(1) *Loc. cit.*, p. 155. M. Tonelli, récemment, a rappelé cet exemple à une occasion semblable (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 838).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La quantification relativistique des systèmes continus.* Note de M. Th. De Donder, présentée par M. G. Kœnigs.

Dans une Note précédente (¹), nous avons défini et étudié les systèmes relativistiques continus à f degrés de liberté. Nous allons montrer comment on peut étendre à de tels systèmes l'équation fondamentale de quantification de L. de Broglie et E. Schrödinger.

Introduisons la fonction

$$L \equiv \int \left(\frac{1}{2} W \, \delta' \tau_m + U \, \delta' \tau_e \right); \tag{1}$$

l'intégration est étendue à la variété à quatre dimensions ($x'_1, \ldots, x'_4$) définissant à l'instant propre s le système continu considéré. Pour que les équations du mouvement de ce système puissent s'écrire sous la forme de Lagrange

$$\frac{d}{ds}\left(\frac{\partial L}{\partial \varkappa^\varphi}\right) - \left(\frac{\partial L}{\partial q_\varphi}\right) = 0 \qquad (\varphi = 1, \ldots f), \tag{2}$$

il faut et il suffit que les densités σ_m et σ_e multipliées par le jacobien $\frac{\partial(x)}{\partial(x')}$ soient exprimables au moyen des $x'_1, \ldots, x'_4$ *seulement;* donc, indépendamment des q_φ, $\varkappa^\varphi (\varphi = 1, \ldots, f)$. Rappelons que ces produits sont des *invariants* du mouvement; nous pourrons donc admettre que ces conditions sont satisfaites.

Passons maintenant aux variables *canoniques*

$$p_\varphi \equiv \left(\frac{\partial L}{\partial \varkappa^\varphi}\right). \tag{3}$$

Grâce à (1), on trouvera que

$$p_\varphi = \sum_{\psi=1}^{f} \varkappa^\psi P_{\varphi\psi} + Q_\varphi, \tag{4}$$

où l'on a posé

$$P_{\varphi\psi} \equiv \int g^*_{\varphi\psi} \, \delta' \tau_m, \qquad Q_\varphi \equiv \int \Phi_\varphi \, \delta' \tau_e. \tag{5}$$

De (5), il résulte que les $P_{\varphi\psi}$ et Q_φ sont des fonctions des $q_1, \ldots, q_f$,

(¹) Th. De Donder, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1380-1382. Pour les notations, on se référera à cette Note.

$\varkappa^1, \ldots, \varkappa^f$ seulement. Des équations (4), on tirera

$$\varkappa^\varphi = \sum_\psi P^{\varphi\psi}(p_\psi - Q_\psi). \tag{6}$$

La fonction hamiltonienne

$$H \equiv -L + \sum_\varphi \varkappa^\varphi p_\varphi \tag{7}$$

pourra s'écrire successivement

$$H = \frac{1}{2}\int W^2 \delta' \tau_m = \frac{1}{2}\tau_m \sum_\varphi \sum_\psi P^{\varphi\psi}(p_\varphi - Q_\varphi)(p_\psi - Q_\psi), \tag{8}$$

où τ_m représente l'intégrale de $\delta'\tau_m$ étendu au système ; c'est une constante. L'équation de Jacobi correspondant à (8) sera

$$\frac{1}{2}\tau_m \sum_\varphi \sum_\psi P^{\varphi\psi}\left(\frac{\partial S}{\partial q_\varphi} - Q_\varphi\right)\left(\frac{\partial S}{\partial q_\psi} - Q_\psi\right) + \frac{\partial S}{\partial s} = 0. \tag{9}$$

Introduisons *la fonction* Ψ *de quantification* par $\log \Psi = k S$; (9) devient

$$\sum_\varphi \sum_\psi P^{\varphi\psi}(\tau_m \Psi_\varphi + 2 Q_\varphi \Psi_0)(\tau_m \Psi_\psi = 2 Q_\psi \Psi_0) - 4\Psi_0^2 = 0. \tag{10}$$

On a écrit Ψ_φ pour la dérivée de Ψ par rapport à q_φ, et Ψ_0 pour la dérivée par rapport à s ou q_0. Cette équation (10) peut s'écrire (1) :

$$\sum_\sigma \sum_\tau \overline{g^{\sigma\tau}} \Psi_\sigma \Psi_\tau = 0 \qquad (\sigma, \tau = 0, 1, \ldots, f), \tag{11}$$

si l'on pose

$$\overline{g^{\varphi\psi}} = \tau_m^2 P^{\varphi\psi}; \qquad \overline{g^{0\varphi}} = 2 Q^\varphi; \qquad \overline{g^{00}} = 4(F - 1), \tag{12}$$

avec

$$Q^\varphi \equiv \sum_\psi P^{\varphi\psi} Q_\psi; \qquad F \equiv \sum_\varphi Q^\varphi Q_\varphi \qquad (\text{où } \varphi, \psi = 1, \ldots, f). \tag{13}$$

Appliquons notre méthode de dérivée variationnelle (2) à l'équation (11);

---

(1) Remarquons, en passant, qu'on pourrait, à partir de (11), créer une relativité à $(f+1)$ dimensions ; cette relativité n'aurait qu'un intérêt purement *formel*.

(2) TH. DE DONDER et FR. H. VAN DEN DUNGEN, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 22-24.

d'où, *l'équation fondamentale de la quantification* des systèmes *continus*

$$\sum_{\sigma=0}^{f} \frac{\partial}{\partial q_\sigma}\left[\sqrt{-K}\sum_{\tau=0}^{f} \overline{g^{\sigma\tau}} \frac{\partial \Psi}{\partial x_\tau}\right] = 0, \tag{14}$$

où K représente l'inverse du déterminant des $P^{\varphi\psi}$ (φ, $\psi = 1, \ldots, f$).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés diélectriques des gaz ionisés.* Note [1] de MM. **Henri Gutton** et **Jean Clément**, présentée par M. G. Ferrié.

Il a été fait peu de recherches expérimentales sur les propriétés des gaz ionisés. Ives [2], Barton et Kilby [3], en ionisant le gaz par des rayons X ou du radium, n'ont pas observé de variation de la constante diélectrique; van der Pol [4], pour une ionisation beaucoup plus intense obtenue par des décharges dans un tube à gaz raréfié, signale des cas de constante diélectrique inférieure à l'unité. Ces recherches ont été faites en utilisant les oscillations amorties des étincelles.

Étant donné l'intérêt que présente cette question pour l'étude de la propagation des ondes électromagnétiques dans la haute atmosphère, nous nous sommes proposé d'entreprendre des mesures en nous servant d'oscillations entretenues et de séparer les effets de l'ionisation sur la période et sur l'amortissement d'un résonateur.

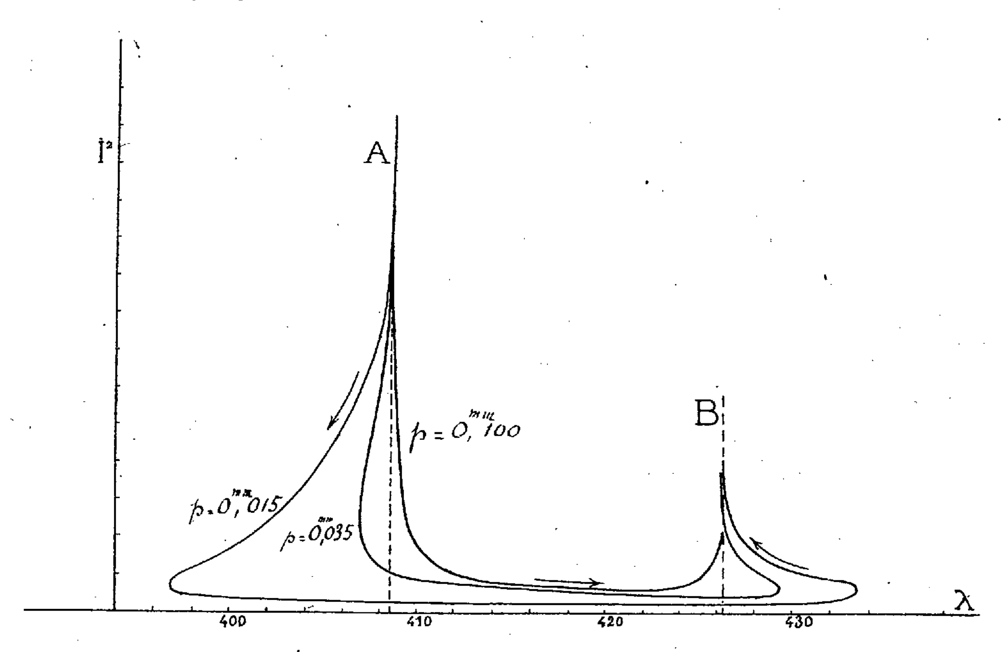
Après divers essais nous nous sommes arrêtés à la disposition suivante. Un résonateur de longueur d'onde $408^{cm},5$ est constitué par deux lames de cuivre ($20,2 \times 4^{cm}$) distantes de 4^{cm} et réunies par un fil de cuivre de 92^{cm} de longueur, au milieu duquel est intercalé une soudure thermo-électrique reliée à un galvanomètre. Au voisinage de ce résonateur est disposé un oscillateur à triode dont on peut faire varier la longueur d'onde. On observe les déviations du galvanomètre pour diverses longueurs d'onde que l'on mesure sur une ligne couplée à l'oscillateur. On peut donc tracer la courbe de résonance du résonateur et connaître sa période d'oscillation sans amortissement et son amortissement.

Parallèlement aux plus longs côtés des armatures de son condensateur,

---

(1) Séance du 14 février 1927.
(2) J. E. Ives, *Phil. Mag.*, 25, 1913, p. 702.
(3) E. J. Barton et W. B. Kilby, *Phil. Mag.*, 26, 1913, p. 567.
(4) Balth. van der Pol, *Thèse*, 1920, Utrecht.

est disposé un tube de verre de 4^{cm} de diamètre dans lequel on fait passer une décharge pour ioniser le gaz qu'il contient. Deux anneaux de papier d'étain collés à l'extérieur du tube servent d'électrodes, ils sont reliés à une bobine couplée à un second oscillateur plus puissant que le premier et dont la longueur d'onde est 115^{m}; ses oscillations sont sans effet sur le résonateur. On modifie l'ionisation soit en changeant le chauffage des triodes, soit en accordant plus ou moins exactement l'oscillateur sur le circuit du tube à décharge. Ce tube était vidé au moyen d'une pompe à vapeur de mercure; on y introduit de l'hydrogène avec un osmorégulateur et l'on mesure la pression à la jauge.



Pour diverses pressions et diverses ionisations, nous mesurons la longueur d'onde sur laquelle le résonateur est accordé et le courant de résonance. La figure représente des courbes tracées à pression constante et pour des ionisations croissant dans le sens indiqué par des flèches. On a porté en abscisses les longueurs d'onde de résonance et en ordonnées le carré du courant de résonance. Le relevé des courbes de résonance relatives à quelques points du diagramme a montré que des courants de résonance égaux correspondent à des amortissements égaux.

Le point A est obtenu lorsque le gaz n'est pas ionisé. Le point B est celui vers lequel convergent les courbes pour une ionisation très grande et une conductibilité parfaite du gaz.

Aux plus basses pressions de faibles ionisations diminuent la longueur d'onde du résonateur et cette diminution indique une décroissance apparente de la constante diélectrique au-dessous de l'unité. La théorie de Eccles (¹) explique cette diminution en faisant seulement intervenir, pour déterminer le mouvement des particules électrisées dans le champ électrique oscillant, l'inertie de ces particules.

En augmentant l'ionisation la longueur d'onde passe assez brusquement à une valeur plus grande que celle qui correspond au gaz fort ionisé, indiquant ainsi une augmentation de la constante diélectrique. Le passage se fait par des ionisations qui provoquent un très fort amortissement du résonateur. On ne peut l'expliquer qu'en faisant intervenir des forces quasi élastiques, qui pourraient résulter des actions mutuelles des ions et des mouvements qu'elles provoquent. Lorsqu'on atteint l'ionisation pour laquelle elles compensent les forces d'inertie, le signe de la différence de phase entre la force électrique et l'élongation des oscillations des grains électrisés s'inverse, ce qui change le sens de la variation de la constante diélectrique. L'amplitude des oscillations devient alors très grande et provoque le fort amortissement du résonateur que l'on observe.

Enfin aux plus fortes pressions, ce sont les forces analogues aux frottements qui ont une influence prépondérante et l'on trouve des courbes de même forme que celles que l'on obtiendrait pour une solution électrolytique de concentration croissante.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques du pyrophosphate de manganèse à diverses températures, mesure du moment de l'ion* Mn″. Note (²) de M. G. **Foëx** et Mlle A. **Brunet**, transmise par M. Pierre Weiss.

Des travaux récents ont montré que le moment magnétique d'un ion déterminé peut prendre diverses valeurs, différant entre elles d'un petit nombre de magnétons de Weiss (³). L'ion Co″ par exemple prend, suivant les circonstances, des moments égaux à 23, 24, 25 (⁴) ou 26 (⁵) magnétons.

(¹) W. H. Eccles, *Proc. Roy. Soc.*, 87, 1912, p. 79. — J. Larmor, *Phil. Mag.*, 48, 1924, p. 1026.
(²) Séance du 14 février 1927.
(³) G. Foëx, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 919.
(⁴) A. Chatillon, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 765.
(⁵) Mlle A. Serres, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 714.

Pour l'ion Mn'' on a signalé au moins deux états magnétiques : l'un, à 28 magnétons (¹), a été rencontré dans les solutions de chlorure et de nitrate; l'autre, à 29, existe dans le sulfate manganeux à $4H^2O$ et dans le sulfate anhydre (²).

Espérant trouver d'autres états de l'ion Mn'' nous avons entrepris une nouvelle étude magnétique des sels de manganèse comportant la mesure des coefficients d'aimantation à diverses températures en vue du calcul des moments atomiques et des points de Curie θ.

La présente Note contient les résultats relatifs au pyrophosphate de manganèse $P^2O^7Mn^2$.

Parmi les sels de manganèse ce composé présente un intérêt particulier parce qu'il est utilisé de façon courante comme étalon de susceptibilité magnétique (³) et que jusqu'ici son coefficient de température n'était pas bien connu, ce qui obligeait à faire les mesures de comparaison toujours à la même température.

L'échantillon dont nous avons étudié les propriétés magnétiques provient d'un stock de pyrophosphate que R. Forrer a préparé à partir d'un sulfate de manganèse très pur, en suivant la méthode indiquée par Treadwell (⁴). Ce stock permet de fournir aux laboratoires de recherches magnétiques un étalon de susceptibilité beaucoup plus magnétique que l'eau.

Le coefficient d'aimantation du sel en question a été déterminé en valeur absolue par R. Forrer et l'un de nous qui, en procédant par comparaison avec l'eau ($\chi = -0,720 \times 10^{-6}$), avons trouvé

$$\chi = 103,1 \times 10^{-6} \text{ à } 16^\circ,1.$$

Dans tout l'intervalle de température exploré (-80° à $+485^\circ$) le pyrophosphate suit la loi de Weiss $\chi(T-\theta) = c$ avec la précision que l'on peut attendre des mesures. Le tableau suivant reproduit les résultats de l'une des séries d'expériences; χ_M représente le coefficient d'aimantation moléculaire corrigé du diamagnétisme de l'anion et T la température absolue.

(¹) Cabrera et Dupérier, *J. de Phys.*, 6ᵉ série, 6, 1925, p. 121.

(²) Kamerlingh Onnes et Oostherhuis, *Comm. Phys. Lab. Leiden*, n° 132*e*. — G. Foëx, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 16, 1921, p. 174. — P. Théodoridès, *J. de Phys.*, 6ᵉ série, 3, 1921, p. 1.

(³) G. Foëx, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 16, 1921, p. 193.

(⁴) Treadwell, *Analyse quantitative*, Dunod et Pinat, Paris, 1919, p. 121.

$t°$C.	$\chi_M.10^4$.	$\chi_M(T+22°,5)$.	$t°$C.	$\chi_M.10^4$.	$\chi_M(T+22°,5)$.
22,0	144,2	4,58	245	84,2	4,55
75,5	122,9	4,56	266	81,6	4,58
129,5	108,2	5,60	309	75,5	4,57
166,0	98,2	4,53	341	71,8	4,57
180,5	96,0	4,57	485	58,7	4,58
214,5	89,5	4,57			

Cette série fournit pour θ et la constante de Curie moléculaire C_M les valeurs

$$\theta = -22°,5, \qquad C_M = 4,569.$$

On a calculé θ en effectuant, pour diverses valeurs de cette constante, les produits $\chi_M(T-\theta)$ et en conservant la valeur qui rend minimum l'écart moyen entre les produits individuels et leur moyenne.

Une autre série a donné

$$\theta = -23°, \qquad C_M = 4,574.$$

Une troisième série de mesures que M. A. Châtillon a bien voulu effectuer sur un autre échantillon de pyrophosphate, en partant de la même valeur absolue à température ordinaire, a donné les mêmes résultats.

Les moments atomiques calculés à partir des deux déterminations de C_M sont

30,05 et 30,07 magnétons.

L'existence de l'ion Mn'' à 30 magnétons, qui n'avait pas encore été signalée, paraît établie par ces mesures.

Les propriétés magnétiques du pyrophosphate n'ont pas été altérées par un chauffage à 500°, par un refroidissement à −80°, elles sont restées invariables au cours des 6 mois qui ont séparé nos deux séries de mesures. Ces diverses circonstances justifient le choix du pyrophosphate comme étalon de susceptibilité.

La valeur de θ détermine le coefficient de température du pyrophosphate : χ, au lieu de varier en raison inverse de T (loi de Curie), varie en raison inverse de T + 23°.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme constant du vanadium pentavalent.* Note de M. **Nicolas Perrakis**, transmise par M. Pierre Weiss.

Je me suis proposé de faire l'étude des sels

$$V^2O^3, \quad VO^3NH^4 \quad \text{et} \quad VO^3Na.$$

J'ai étudié les variétés jaune et rouge du pentoxyde de vanadium, aussi bien à l'état de solution qu'à l'état solide. Dans le premier cas, je me suis servi de la méthode d'ascension; dans le second, de celle d'attraction.

L'anhydride vanadique jaune étant très peu soluble dans l'eau, comme d'ailleurs les autres sels dont il est question dans ce travail, je l'ai étudié en solution sulfurique plus ou moins étendue. Pour des concentrations de $0^g,01$ de V^2O^5 jaune par gramme de solution, le coefficient d'aimantation moléculaire du sel a été trouvé égal à $65,0 \times 10^{-6}$. L'étude du sel solide a conduit au résultat $\chi_M = 64,4 \times 10^{-6}$, qui est resté invariable entre 17° et 77° C. (1).

En résumé, V^2O^5 a en solution et à l'état solide le même paramagnétisme constant $64,4 \times 10^{-6}$.

L'étude du vanadate d'ammonium solide a donné un coefficient d'aimantation moléculaire invariable entre 17° et 45° C. et égal à $19,1 \times 10^{-6}$.

Le vanadate de sodium a, comme les deux autres, un paramagnétisme indépendant de la température dont la valeur, invariable entre 17° et 77°, est $23,5 \times 10^{-6}$.

Il ressort nettement de cette étude que le vanadium pentavalent possède un paramagnétisme indépendant de la température. Pour en dégager la valeur il faut corriger, dans chaque cas, le résultat obtenu du diamagnétisme du reste de la molécule.

Si j'admets, avec Pascal, pour le diamagnétisme de l'oxygène en combinaison $-4,6 \times 10^{-6}$, je trouve pour le paramagnétisme atomique du vanadium dans V^2O^5

$$\chi_V = 43,7 \times 10^{-6}.$$

Pour faire la correction dans le cas de VO^3NH^4 j'ai mesuré, à l'état solide, le diamagnétisme du nitrate d'ammonium, que j'ai trouvé égal à $-33,2 \times 10^{-6}$. En déduisant le diamagnétisme de l'azote $\chi_N = -5,6 \times 10^{-6}$ (Pascal), on trouve pour le groupe O^3NH^4 le coefficient d'aimantation $\chi_{O^3NH^4} = -27,6 \times 10^{-6}$ et $\chi_V = 46,7 \times 10^{-6}$.

(1) J'ai trouvé pour V^2O^5 rouge à l'état solide un χ_M variant avec la température : égal à $85,2 \times 10^{-6}$ à 17° C., il n'est plus que $81,3 \times 10^{-6}$ à 77° C. Si l'on suppose que ce sel contient une impureté obéissant à la loi de Curie et si l'on fait le calcul en tenant compte de sa variation thermique, on trouve, pour V_2O_5 rouge, un χ_M égal à $62,4 \times 10^{-6}$, nombre qui ne diffère que de $2,0 \times 10^{-6}$ de celui trouvé pour V_2O_5 jaune. Cette détermination vient donc appuyer, avec une précision moindre, le résultat obtenu pour V^2O^5 jaune.

Enfin, en ce qui concerne VO^3Na, j'ai déduit le diamagnétisme du groupement O^3Na à partir de celui de NO^3Na. D'après Pascal (¹), on aurait

$$\chi_{NO^3Na} = -23,6 \times 10^{-6} \quad \text{et par suite} \quad \chi_{O^3Na} = -18,0 \times 10^{-6}.$$

D'où

$$\chi_V = 41,5 \times 10^{-6}.$$

La divergence entre les trois nombres trouvés pour le coefficient d'aimantation atomique (χ_V) du vanadium pentavalent donne la mesure de l'incertitude de la correction du diamagnétisme du reste de la molécule, attribuable aux écarts de l'additivité du diamagnétisme (²). La moyenne

$$\chi_V = \frac{43,7 + 46,7 + 41,5}{3} \times 10^{-6} = 44,0 \times 10^{-6}$$

est probablement exacte à 10 pour 100 près.

Cette valeur est plus faible que celle donnée par Honda et Owen pour le vanadium métallique ($\chi_V = 76,5 \times 10^{-6}$). Comme cette dernière se place bien sur la courbe des paramagnétismes constants (³), il en résulte que le paramagnétisme constant peut, comme le moment atomique, prendre plusieurs valeurs différentes dans un même atome.

MÉTROLOGIE. — *Recherches métrologiques sur quelques raies du néon et de l'hélium.* Note de M. **Albert Pérard**, présentée par M. A. Cotton.

Cette étude a été exécutée à l'interféromètre Michelson au moyen d'un très grand nombre de comparaisons de longueur d'onde, exécutées en double à toutes différences de marche entre 0 et 202^{mm}. Chaque expérience a consisté dans la détermination de l'écart entre l'excédent fractionnaire *observé* de l'ordre d'interférence, et l'excédent *calculé* en partant de la raie rouge du cadmium prise comme référence, et en adoptant provisoirement pour longueur d'onde de la raie étudiée la valeur approchée généralement admise. Les courbes de correction ainsi obtenues permettent d'utiliser en métrologie presque toutes ces raies à une différence de marche quelconque, pour peu que les phénomènes d'interférence soient seulement visibles. Ces

(¹) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 37.

(²) D'après les travaux de M. P. Pascal cette incertitude serait assez grande dans le cas actuel.

(³) Pierre Weiss et Mlle P. Collet, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2146.

courbes, qui n'ont pu être reproduites ici, fournissent en outre quelques renseignements sur la structure fine des raies.

Les lampes à néon et à hélium, établies par les Établissements Georges Claude, étaient semblables : deux ampoules sphériques de 6^{cm} de diamètre, reliées par un tube axial de 3 à 4^{mm} de diamètre intérieur et de 8^{cm} de longueur, avec électrodes creuses de cuivre rouge disposées latéralement; pression du gaz 5^{mm}; courant d'excitation : alternatif 50 périodes p. s., réglable à volonté; tension aux bornes et intensité : 700V.20 à 30mA. pour le néon, 1100 V. 15 à 25 mA. pour l'hélium. Des deux lampes de chaque sorte, l'une était observée *en bout*, l'autre *en travers* du tube axial.

Dans le cas de la lampe à néon observée *en bout*, les courbes de correction ont été une confirmation et une extension des résultats que j'avais obtenus antérieurement ([1]); elles sont bien compatibles avec les conclusions de MM. Buisson et Jausseran ([2]). Dans le cas de la lampe à néon observée *en travers*, elles révèlent, comme on va le voir, non seulement pour la raie 640,2, mais encore pour les quatre autres raies étudiées, sauf peut-être pour 585,2, un minimum d'intensité dans la région centrale, vraisemblablement attribuable à un très faible renversement spontané; et elles ne sont approximativement d'accord avec les résultats de M. Keivin Burns ([3]) que pour les différences de marche relativement peu élevées; au-dessus de 70^{mm}, l'allure que prennent toutes ces courbes infirmerait les conclusions de ce physicien.

Néon 640,2. *En travers.* — Longueur d'onde apparente $640^{m\mu},22440$ admissible jusqu'à 65^{mm} (correction de l'excédent fractionnaire observé, inférieure à 0,03). Renversement net (intervalle des composantes $0^{m\mu},003$) et dissymétrique.

Néon 609,6. *En travers.* — La raie présente encore un minimum bordé par deux régions plus intenses à l'intervalle de $0^{m\mu},0013$. Il est à remarquer que le renversement spontané de cette raie ($s_4 p_i$), « en bout » comme « en travers » est beaucoup plus accentué que ne le ferait prévoir son absorption d'après Meissner. La longueur d'onde apparente va d'abord croissant, de $609^{m\mu},6161$ à très petite différence de marche, jusqu'à $609^{m\mu},6169$ à 130^{mm}; après disparition des interférences entre 145 et 160^{mm}, elle décroît à partir de $609^{m\mu},6177$.

Néon 594,5. *En travers.* — Courbe de correction semblable à la précédente, dénotant un minimum cependant moins accusé. La longueur d'onde résultante part de $594^{m\mu},4833$, s'élève vers $594^{m\mu},4838$ à 150^{mm}, et se retrouve à $594^{m\mu},4845$ à 200^{mm}.

([1]) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 375.
([2]) *Revue d'Optique*, **5**, 1926, p. 149.
([3]) *Journ. Optical Soc. America*, **2**, 1925, p. 301.

Néon 588,2. *En travers.* — Même forme de courbe que les précédentes, minimum un peu moins sensible encore; longueur d'onde au départ, 588$^{m\mu}$,1895.

Néon 585,2. *En travers.* — La longueur d'onde croît lentement à partir de 585$^{m\mu}$,2487 jusqu'à 585$^{m\mu}$,2489 à 80^{mm} pour diminuer légèrement ensuite.

Hélium 587,6. *En travers.* — Peut être à la rigueur employée en métrologie avec la longueur d'onde moyenne 587$^{m\mu}$,5623 (composante la plus intense), jusqu'à 50^{mm}, mais avec des écarts atteignant 0,2 dans l'ordre d'interférence, écarts causés par la présence de la deuxième composante assez éloignée. A 50^{mm}, saut brusque de la courbe de correction (0,5), indiquant un dédoublement à peu près symétrique de la composante principale, à l'intervalle de 0$^{m\mu}$,003; ce n'est pas là le triplet recherché par analogie avec les alcalino-terreux, mais un renversement spontané variable avec l'intensité du courant.

En bout. — Il n'a guère été possible d'établir une courbe de correction continue qui aurait exigé un nombre d'expériences beaucoup trop considérable; impropre aux usages métrologiques.

Hélium 501,6. *En travers.* — Assez simple, non renversée, peut être utilisée en métrologie jusqu'à 70^{mm}. En admettant la valeur 501$^{m\mu}$,5679 (au lieu de 501$^{m\mu}$,5675, valeur du Bureau of Standards), les écarts n'atteignent qu'exceptionnellement 0,05.

En bout. — Nettement renversée, intervalle des composantes 0$^{m\mu}$,003, à peu près symétrique.

Hélium 667,8. *En travers.* — Moins intense que la précédente, peut être utilisée en métrologie jusqu'à 50^{mm}, avec la longueur d'onde 667$^{m\mu}$,8152.

En bout. — Renversée, intervalle du dédoublement 0$^{m\mu}$,006.

Hélium 447,1. *En travers.* — Peu intense pour l'œil. Utilisable cependant en métrologie jusqu'à 30^{mm} avec la longueur d'onde 447$^{m\mu}$,1477 (val. Bur. of Stand.); les corrections ne dépassent pas 0,06.

En bout. — Écarts considérables, probablement dus à des phénomènes de renversement; peu favorable aux mesures.

OPTIQUE. — *La constante de biréfringence magnétique du benzène.*

Note de MM. C.-V. **Raman** et K.-S. **Krishnan**, présentée par M. Brillouin.

Dans un récent Mémoire [1], nous avons discuté les valeurs de la constante de Cotton-Mouton de biréfringence du benzène et de quelques dérivés à l'état liquide. Comme on sait, la théorie de Langevin explique l'effet Cotton-Mouton comme dû aux molécules qui sont magnétiquement et optiquement anisotropes, leur orientation dans le champ étant la cause pour laquelle le liquide devient biréfringent. Dans ledit Mémoire les résultats pour l'anisotropie optique, dérivés des observations sur la diffu-

---

[1] C. V. Raman and K. S. Krishnan, *Proc. Roy. Soc. Lond.*, A, **113**, 1927, p. 511.

sion de la lumière sont combinés avec les valeurs connues de la constante de Cotton-Mouton afin de déterminer le degré d'anisotropie magnétique des molécules.

Dans cette Communication nous nous proposons de montrer comment, par des suppositions simples sur la structure de la molécule de benzène et sur l'anisotropie optique connue de la même molécule, nous pouvons évaluer directement la constante de Cotton-Mouton, pour la comparer avec la valeur observée.

Pauling [1] a suggéré une structure hexagonale, pour la molécule du benzène, dans laquelle 12 électrons relient ensemble les atomes de charbon et d'hydrogène; 12 électrons relient les atomes de charbon voisins; les six autres forment les trois paires reliant chacune deux atomes de charbon en position para. Nous adoptons cette structure et présupposons que quelques-unes des orbites d'électrons, de ceux qui relient les atomes de charbon et d'hydrogène, restent dans le plan de l'hexagone, tandis que les autres restent dans les plans perpendiculaires à l'hexagone. Les calculs de biréfringence sont faits de la manière suivante. La constante de Cotton-Mouton est donnée par la relation (voir le Mémoire cité)

$$C_m = -\frac{(n_0^2-1)(n_0^2+2)}{60\, n_0 \lambda k T}(3C'-\theta)\sqrt{\frac{\delta}{2}},$$

dans laquelle n_0 est l'indice de réfraction en dehors du champ, $\frac{\theta}{3}$ est la susceptibilité diamagnétique de chaque molécule, en moyenne pour toutes les orientations, C' est sa susceptibilité mesurée perpendiculairement au plan de l'hexagone; δ est une constante exprimant l'anisotropie optique de la molécule. Les autres lettres ont leur signification habituelle. On trouve par le degré de dépolarisation (47 pour 100) de la lumière diffuse, que δ est 0,090 si la formule de Ramanathan [2] est employée ou 0,045 si l'on emploie la formule de Gans [3]. La susceptibilité connue du benzène montre que θ est $-27,4 \times 10^{-29}$ pour chaque molécule. D'après la supposition faite plus haut, la valeur de C' est déterminée entièrement par les orbites de six paires d'électrons reliant les atomes de charbon et d'hydrogène, supposés être dans le plan de l'hexagone; les autres orbites ne contribuent pas à la susceptibilité en direction perpendiculaire à ce plan. La contribution à la

---

(1) L. Pauling, *Journal Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 1139.
(2) K. R. Ramanathan, *Proc. Ind. Ass. Sc.*, 8, 1923, p. 181.
(3) R. Gans, *Zeit. für Phys.*, 17, 1923, p. 353.

susceptibilité pour chaque liaison entre le charbon et l'hydrogène peut être considérée être la même, quand on prend la moyenne de toutes les orientations, comme on trouve dans les séries des hydrocarbones aliphatiques, et peut être calculée par les susceptibilités connues de ces derniers composés. On trouve de cette manière

$$C' = 6 \times (-2,2) \times 10^{-29} = -13,2 \times 10^{-29}.$$

D'où

$$C_m = 6,7 \times 10^{-13} \quad \text{si} \quad \delta = 0,090$$

et

$$C_m = 4,8 \times 10^{-13} \quad \text{si} \quad \delta = 0,045.$$

Si, d'un autre côté, nous prenons les suppositions que tous les orbites charbon-charbon sont dans le plan de l'hexagone et que les orbites charbon-hydrogène sont dans les plans perpendiculaires à cet hexagone,

$$C' = -27,4 \times 10^{-29} + 13,2 \times 10^{-29}$$
$$= -14,2 \times 10^{-29}.$$

D'où les valeurs calculées

$$C_m = 8,4 \times 10^{-13} \quad \text{ou} \quad 5,9 \times 10^{-13},$$

qui correspondent aux deux valeurs de δ ci-dessus (Ramanathan, Gans).

La valeur observée est

$$C_m = 5,90 \times 10^{-13}.$$

OPTIQUE. — *Sur le vent d'éther.* Note [1] de MM. **A. Piccard** et **E. Stahel**, transmise par M. Pierre Weiss.

La Note de M. E. Brylinski [2] suggère quelques remarques :

1° Toutes nos mesures ayant relevé des vents d'éther inférieurs à l'erreur probable de nos mesures, on ne peut rien en conclure en faveur des résultats de Miller, comme le fait M. Brylinski.

2° Nous avons fait nos mesures à Bruxelles après avoir pris connaissance des dernières publications de Miller [3] dans lesquelles il déclare formellement qu'il ne trouve pas de différence notable entre le vent d'éther de la plaine et celui du Mont Wilson et nous avons mentionné ce dernier fait

---

[1] Séance du 14 février 1927.

[2] *Comptes rendus,* **184**, 1927, p. 192.

[3] *Science*, **63**, 1926, p. 433.

dans notre Note [1]. Nous étions donc réellement dans les conditions (altitude, lieu et heure) où d'après Miller nous devions trouver un déplacement des franges correspondant à 9 km-sec. Si nous n'avons trouvé qu'un déplacement 30 fois plus petit, il est légitime de dire que nos résultats sont en opposition avec les mesures de Miller.

3° A notre avis le détail des mesures de Miller montre que chez lui l'erreur probable est du même ordre de grandeur que l'effet qu'il trouve. Miller, tout d'abord, n'a pas trouvé de vent d'éther à la plaine, puis, en interprétant autrement ses résultats, il a finalement trouvé le même phénomène à Cleveland qu'au Mont Wilson.

4° M. Brylinski estime que notre appareil est beaucoup moins sensible que celui de Miller. Dès la première expérience notre interféromètre, placé dans des conditions extérieures peu favorables (ballon) a donné une erreur probable du même ordre de grandeur que ceux de Michelson et Morley et de Miller; puis, au laboratoire l'erreur probable de notre appareil a été plus faible que tout ce qui avait été obtenu jusqu'à présent.

5° Nous avons depuis notre dernière publication aux *Comptes rendus* contrôlé notre appareil en provoquant mécaniquement un déplacement d'un de nos miroirs, correspondant au vent d'éther de Miller. Dans le dépouillement photographique des films le mouvement des franges d'interférences qui en résultait s'est parfaitement manifesté.

6° Nous apprenons que Kennedy [2] a aussi repris les mesures de Miller et que, sans arriver à la même précision que nous, il conclut que le vent d'éther de Miller n'existe pas (ou qu'il est inférieur à 5 km-sec).

7° Convaincus que plus rien ne parle en faveur du vent d'éther, nous ne comptons plus répéter la mesure en ballon, mais nous sommes cependant prêts à la reprendre à l'heure et au lieu où Miller annonce le maximum de la composante horizontale du vent d'éther, s'il se trouve quelqu'un pour organiser une nouvelle ascension.

---

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 152.
(2) *Proc. Nat. Ac. of Sc.*, **12**, 1926, p. 621.

POLARIMÉTRIE. — *Sur la dispersion rotatoire anomale, dans l'ultraviolet, de trois solutions aqueuses d'acide tartrique contenant de l'acide borique.* Note de M. **R. Descamps**, présentée par M. A. Cotton.

Depuis Biot on sait que l'introduction d'acide borique dans les solutions aqueuses d'acide tartrique exalte le pouvoir rotatoire de ce dernier. La dispersion rotatoire de telles solutions a déjà été étudiée. En particulier T.-M. Lowry et P.-C. Austin [1] ont conclu que les courbes de dispersion rotatoire de solutions aqueuses d'acide tartrique contenant chacune une quantité équimoléculaire ou un léger excès d'acide borique (par exemple : 15^g d'acide tartrique et $6^g,2$ d'acide borique, ou bien $7^g,5$ d'acide tartrique et $4^g,65$ d'acide borique dans 100^{cm^3} de solution à $20°$) appartiennent au type « simple » du mode de classement imaginé par T.-M. Lowry [2] : dans ce cas, le diagramme $\frac{1}{[\alpha]}$, λ^2 est une ligne droite.

Lowry et Austin avaient utilisé pour leurs mesures des radiations contenues dans l'étendue du spectre visible ou se trouvant au seuil de l'ultraviolet. Possédant le spectropolarimètre photographique pour l'ultraviolet que M. A. Cotton et moi [3] avons réalisé, j'ai fait des expériences sur des solutions aqueuses d'acide tartrique contenant de l'acide borique afin de voir si cette allure « simple » de la dispersion, signalée par Lowry et Austin, se présente dans l'étendue du spectre ultraviolet.

L'acide tartrique que j'ai utilisé a été retiré d'un échantillon d'acide pur du commerce, qui possédait, avant toute purification, des qualités optiques satisfaisantes. 500^g de cet acide, soumis à cinq cristallisations dans l'eau, ont fourni 200^g d'un acide très pur donnant $[\alpha]_{5461}^{20°,0} = 14°,81$ ($10^g,36$ dans 100^{cm^3} de solution à $20° \pm 0,1$; épaisseur $5^{dm},271$). L'acide borique utilisé provient aussi d'un échantillon d'acide pur du commerce qui fut soumis à cinq cristallisations dans l'eau. Les premières cristallisations de l'acide borique ont été effectuées en présence d'un peu d'acide chlorhydrique; de plus, pendant ces cristallisations, les liqueurs n'ont pas été portées à une température supérieure à 100° afin d'éviter sûrement la formation d'acide métaborique. Enfin, la pureté de l'eau distillée utilisée a été vérifiée.

La teneur des solutions ici étudiées en chacun des acides tartrique et

---

(1) *Phil. Trans. Roy. Soc.*, [A], **222**, 1922, p. 249.
(2) T.-M. Lowry, *Trans. of the Chem. Soc.*, **107**, 1915, p. 1195.
(3) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 22; *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, **5**, 1926, p. 481.

borique secs, ainsi que les rotations et pouvoirs rotatoires spécifiques mesurés sont rassemblés ci-dessous :

Solution n° **1** : 0g,9974 d'acide tartrique, 0g,4171 d'acide borique (quantités équimoléculaires), eau jusqu'à 100cm³ de solution à 12°,0;

Solution n° **2** : 3g,0049 d'acide tartrique, 1g,2477 d'acide borique (quantités équimoléculaires), eau jusqu'à 100cm³ de solution à 12°,0;

Solution n° **3** : 2g,9952 d'acide tartrique, 1g,9540 d'acide borique (léger excès d'acide borique), eau jusqu'à 100cm³ de solution à 12°,0.

	Rotations.			Pouvoirs rotatoires spécifiques.		
λ.	Sol. n° 1.	Sol. n° 2.	Sol. n° 3.	Sol. n° 1.	Sol. n° 2.	Sol. n° 3.
	Déterminations visuelles (épaisseur : 5dm,271).					
5780,0.......	1°,61	6°,29	7°,05	30°,62	39°,71	44°,65
5460,9.......	1,79	7,08	7,96	34,05	44,70	50,42
4358,6.......	2,65	11,20	12,81	50,41	70,71	81,01
	Déterminations photographiques (épaisseur : 1dm,496).					
4358,6.......	0,76	3,19	3,63	50,90	70,96	81,01
4046,9.......	0,84	3,67	4,24	56,29	81,64	94,62
3650,3....... } 3654,9....... }	0,92	4,40	5,20	61,66	97,88	116,05
3341,8.......	0,88	4,94	6,09	58,98	109,89	135,91
3132,0....... } 3131,6....... }	0,68	5,09	6,61	45,57	113,23	147,52
3125,7.......	0,67	5,09	6,61	44,90	113,23	147,52
3021,7.......	0,45	4,95	6,75	30,16	110,11	150,64
2967,5.......	0,26	4,74	6,76	17,42	105,44	150,86
2893,9.......	−0,10	4,28	6,57	− 6,70	95,21	146,62
2804,0.......	−0,70	3,34	6,07	− 46,92	74,30	135,47
2753,0.......	−1,17		5,48	− 78,41		122,30
2652,2.......	−2,90	− 0,70	3,32	−194,35	− 15,79	74,09
2536,7.......	−7,03			−471,15		

Erreurs moyennes possibles sur [α] (déterminations photographiques) : solution n° **1** : ±1°,51; solution n° **2** : ±0°,53; solution n° **3** : ±0°,55.

L'examen des nombres contenus dans le tableau ci-dessus montre que chacune des courbes de dispersion de ces solutions présente un pouvoir rotatoire maximum dans le domaine des rotations droites et un changement du signe de la rotation (toutefois, pour observer ce dernier dans la courbe n° 3, il faudrait que celle-ci fût un peu prolongée); enfin, le tracé de ces courbes montre que chacune d'elles subit une inflexion. Donc ces

courbes de dispersion rotatoire appartiennent au type « complexe anomal » du classement de Lowry.

Les diagrammes $\frac{1}{[\alpha]}$, λ^2 correspondant à chacune de ces courbes ne peuvent, dans la limite des erreurs d'expériences, être assimilées à des droites qu'entre $\lambda = 5780$ et $\lambda = 4358$ pour les solutions nos 1 et 2 et entre $\lambda = 5780$ et $\lambda = 4047$ pour la solution n° 3. En réalité, à l'inverse de ce que l'on pourrait croire à la suite de mesures faites seulement avec des radiations visibles, les dispersions rotatoires de ces trois solutions, aussi bien dans le visible que dans l'ultraviolet, ne sont pas du type « simple ». Il en est probablement de même pour les solutions étudiées par Lowry et Austin (*loc. cit.*).

L'allure anomale des courbes de dispersion rotatoire des trois solutions étudiées peut s'expliquer en admettant que ces solutions contiennent deux espèces au moins de molécules optiquement actives possédant des dispersions différentes. Cette conclusion est en accord avec celle énoncée par R. Lucas [1] : dans les solutions aqueuses d'acide tartrique, tout se passe, en présence d'acide borique ou d'acide tungstique, comme s'il y avait apparition d'une troisième forme active fortement dextrogyre en proportion variable avec ces réactifs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le pouvoir inducteur spécifique des mélanges hétérogènes.* Note [2] de M. **J. Errera**, présentée par M. J. Perrin.

A. Heydweiller et ses élèves [3] ont fait l'application de la théorie de O. Wiener [4] du pouvoir inducteur spécifique (p. i. s.) des mélanges hétérogènes [5] au cas des poudres. Dans cette Note préliminaire, nous nous bornerons à exposer nos premiers résultats expérimentaux. Nous les comparerons dans la suite aux travaux antérieurs tant expérimentaux que théoriques.

---

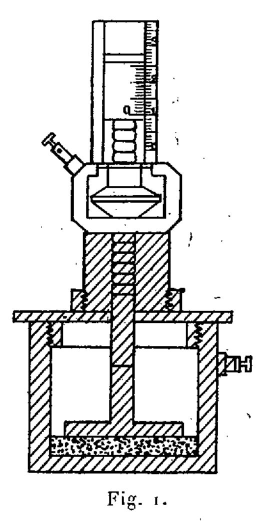
(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 29.

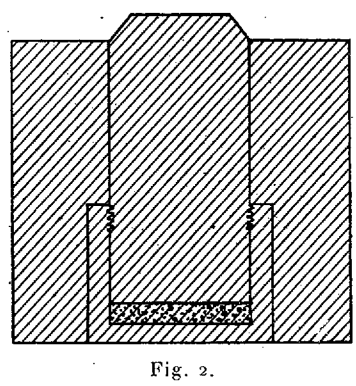
(2) Séance du 31 janvier 1927.

(3) *Zeitsch. f. Physik.*, **3**, 1920, p. 308.

(4) *Abh. Sächsische Gesell. d. Wiss.*, **32**, 1912, p. 509.

(5) Voir une bibliographie de la question dans Lichtenecker, *Physik. Zeitsch.*, **27**, 1926, p. 115.


Fig. 1.


Fig. 2.

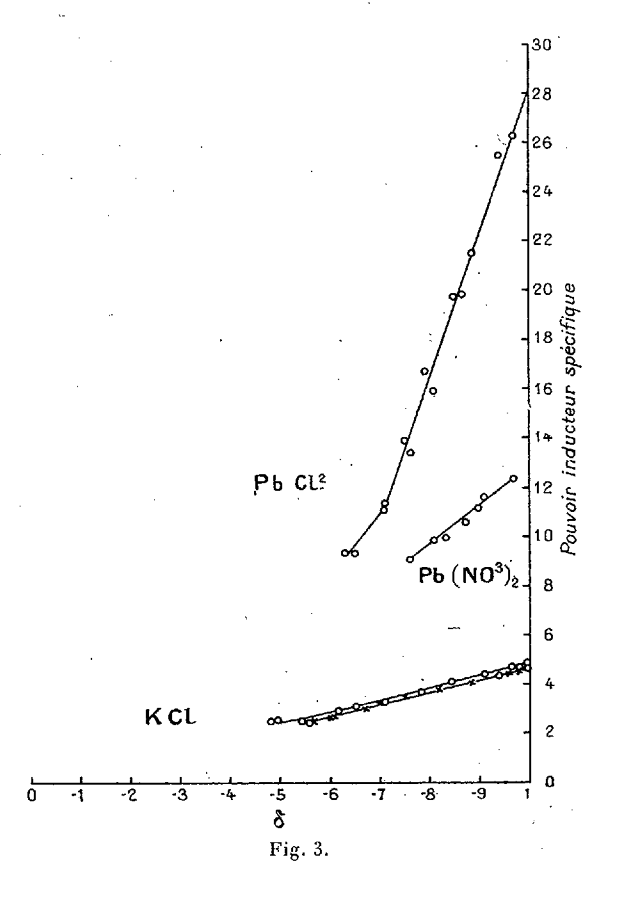


Fig. 3.

Nous avons étudié la variation du p. i. s. de poudres cristallines en fonction de la compacité δ, c'est-à-dire du rapport du volume de la phase solide au volume total; cette grandeur est égale au rapport de la densité de la poudre à la densité du corps à l'état solide homogène. Nous partons de corps pulvérisés et nous les comprimons jusqu'à atteindre si possible la densité du solide homogène en faisant des mesures de p. i. s. aux différents stades de compression.

Comme dispositif de mesures de p. i. s., nous avons employé une méthode de mesure de capacités par battements qui nous donnait la précision du $\frac{1}{2000}$. La longueur d'onde utilisée était de 900^{m}. Le p. i. s. était mesuré à la température ordinaire. Les corps étaient pulvérisés et tamisés entre deux tamis de manière à déterminer les limites de diamètre des grains. Une quantité de poudre pesée et séchée était introduite dans un récipient de mesure de capacité (*fig.* 1) dont le couvercle porte la seconde électrode commandée par une vis et munie d'un index avec vernier de façon à connaître exactement la distance séparant cette seconde électrode du fond du récipient. Pour comprimer la poudre, le récipient est introduit dans un « pastiller » (*fig.* 2) et mis entre les plateaux d'une presse (pouvant aller jusqu'à 100^{t}). Une précaution des plus importantes est d'enlever les traces d'humidité qui peuvent fausser les résultats dans des proportions de plusieurs centaines pour 100. Avant chaque mesure de capacité, le récipient était porté à une température d'environ 200° et refroidi sous un vide d'environ $0^{mm},1$ de Hg.

La figure 3 donne les variations du p. i. s. en fonction de la compacité pour KCl, $PbCl^2$ et $Pb(NO^3)^2$. Chaque courbe est le résultat de deux séries de compressions. L'allure générale des courbes témoigne, à partir d'une certaine densité, d'une variation linéaire du p. i. s. jusqu'à la densité du solide homogène. Ce fait est important pour la comparaison avec les travaux antérieurs.

La comparaison du p. i. s. d'un solide comprimé, ayant une densité égale à celle du solide homogène cristallin, avec le p. i. s. du cristal homogène ne peut se faire sans réserves : en effet, d'une part dans un solide obtenu par compression les particules constitutives peuvent se trouver dans un état spécial dû à cette compression (hystérèse dans les solides); d'autre part, par suite de la distribution désordonnée des particules cristallines, la constante du champ électrique intérieur peut être différente dans les deux cas. Le p. i. s. de KCl (système cubique) pour $\delta = 1$ est sensiblement le même que celui que l'on trouve dans la littérature pour le KCl cristallin. Le chlorure de plomb a un p. i. s. tout à fait différent de celui de 42 trouvé par Lenert, mais cela provient du fait que ce dernier auteur a mesuré le p. i. s. pour

$\lambda = 4$ et nous avons trouvé que ce solide présente, malgré qu'il soit à 500° de son point de fusion, une forte dispersion dans le domaine hertzien [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de l'hexatriène* 1.3.5. Note [2] de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Charles Moureu.

Les résultats de mes recherches concernant l'action du tribromure de phosphore sur l'érythrol [3] m'avaient fait douter de la formule attribuée par M. Griner [4] au bromure résultant de la même réaction effectuée sur le divinylglycol.

Voici l'essentiel des travaux de M. Griner sur cette question :

L'éthérification directe ou indirecte du divinylglycol donne une dibromhydrine solide fondant à 85° :

$$\text{(I)} \quad CH^2=CH-(CHOH)^2-CH=CH^2 + HBr(PBr^3) \rightarrow CH^2=CH-(CHBr)^2-CH=CH^2.$$

Celle-ci, en solution diluée, fixe deux atomes de brome, ce qui conduit à deux tetrabromures isomères :

$$\text{(II)} \quad CH^2=CH-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-CH^2Br$$

et

$$\text{(III)} \quad CH^2=CH-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-\underset{Br}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{Br}{C}}-CH^2Br$$

fondant l'un à 112°, l'autre à 109°.

De l'action de la potasse alcoolique sur le bromure (I) ne résulte pas l'acétylénique attendu : l'hexadiénine 1.5.3 :

$$\text{(IV)} \quad CH^2=CH-C\equiv C-CH=CH^2,$$

mais une diéthyline bouillant à 125° sous 30mm, ou 112° sous 10mm :

$$\text{(V)} \quad CH^2=CH-CH(OC^2H^5)-CH(OC^2H^5)-CH=CH^2.$$

La diacétine du divinylglycol bout à 128° sous 40mm.

---

(1) Les courbes de dispersion et d'absorption du chlorure de plomb feront l'objet d'une Communication ultérieure.

(2) Séance du 14 février 1927.

(3) Charles Prévost, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1292.

(4) Griner, *A. P. Ch.*, 6e série, 26, 1892, p. 358.

Or l'action du tribromure de phosphore sur l'érythrol m'avait donné non l'éther dibromhydrique de ce glycol, mais un isomère, la dibromhydrine éthylénique *trans* :

$$CH^2Br - CH = CH - CH^2Br.$$

J'ai pensé que la même isomérisation s'était produite lors de l'éthérification du divinylglycol, et que le bromure solide de M. Griner avait non la formule (I), mais celle-ci

$$\text{(VI)} \qquad CH^2Br - CH = CH - CH = CH - CH^2Br \ \textit{trans-trans}.$$

Cette hypothèse était étayée du fait que, dans l'interprétation de M. Griner, certains résultats s'expliquaient mal, ainsi : 1° au divinylglycol incongelable correspondait un éther solide; 2° celui-ci ne fixait que deux atomes de brome, ce qui supposait une faible affinité des bromures (II) et (III) pour cet halogène, or ils ont une double liaison en bout de chaîne. Les bromures (II) et (III) fondaient plus haut que le tétrabromure saturé correspondant (F. 91°,5) qui est, parmi les isomères stériques, le seul solide connu; l'existence de deux bromures éthyléniques à points de fusion si proches semblait donc peu vraisemblable; 3° avec la formule (I), l'acétylénique (IV) était plus probable que l'éthyline (V), laquelle d'ailleurs bouillait notablement plus haut que le divinylglycol (Éb. 93°-94° sous 10^{mm}).

Pour démontrer la formule (VI), j'ai préparé à nouveau le dibromure fondant à 85°; il bout à 128° sous 12^{mm}, ce qui est déjà en faveur de cette formule.

Il donne sous l'action de l'acétate de sodium une diacétine

$$\text{(VII)} \qquad CH^3CO^2CH^2 - CH = CH - CH = CH - CH^2O\,CO\,CH^3$$

(F. 25°; Éb. 155° sous 12^{mm}),

$n_{21°}$ (surfondue) $= 1,4850$, d_{21} (surfondue) $= 1,0762$, RM $= 52,73$ pour $51,08$.

L'exaltation moléculaire de 1,65 est intermédiaire entre le nombre donné par M. Reif (1,55) et le mien (1,72) pour le diméthyl-1.4-érythrène *trans-trans*.

De la saponification de l'acétine résulte le glycol biprimaire

$$\text{(VIII)} \qquad CH^2OH - CH = CH - CH = CH - CH^2OH$$

(F. 106°,5; Éb. 161° sous 12^{mm})

très différent du divinylglycol.

La formule (VI) admise pour le bromure (F. 85°), celle des tétrabromures (II) et (III) s'en déduit; ils sont vraisemblablement deux des trois stéréoisomères prévus de formule brute :

(IX) $$CH^2BrCHBr-CH=CH-CHBr-CH^2Br,$$

et l'éthyline (V) est celle du glycol (VIII); l'acétylénique (IV) est impossible et les bromures (IX) peu avides de brome.

Les points d'ébullition des corps (VI, VII, VIII), celui de l'éthyline (V) avec sa nouvelle formule sont à très peu près ceux que j'ai calculés par des considérations d'homologie.

Il résulte de la formule (VI) ainsi démontrée que l'hexatriène 1.3.5 qui, par bromuration ménagée, donne un dibromure identique à celui fondant à 85°, ainsi que l'ont montré MM. P. van Romburgh et W. van Dorsen [1], fixe le brome en 1.6 et non en 3.4 comme ces auteurs avaient conclu.

Ce fait vient confirmer la valeur mnémonique des conceptions de Thiele, sans toutefois renforcer leur valeur théorique, car, ici comme dans le cas de l'érythrène, la facilité d'isomérisation du bromure 3.4 montre qu'il n'est pas absurde de supposer une fixation préalable en 3.4 suivie de la transposition qui semble tout à fait générale :

$$RCHBr-CH=CH^2 \rightarrow R.CH=CH-CH^2Br.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Carbures linéaires deux fois acétyléniques vrais* $C^{13}H^{20}$ *et* $C^{20}H^{34}$. Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Charles Moureu.

Les carbures en question ont été obtenus en partant du liquide que donne la dissolution du magnésium dans un mélange d'éther et de bromure d'heptaméthylène (200g de ce dernier). On fait tomber lentement ce liquide dans une solution éthérée de 2.3 dibromopropène; vingt-quatre heures après on ajoute de l'acide chlorhydrique dilué et l'on se trouve en présence d'un mélange très complexe, qui a dû être soumis à de nombreuses rectifications. On a pu ainsi en isoler un bromure

$$CH^2=CBr-(CH^2)^9-CBr=CH^2$$

---

(1) Pieter van Romburgh and W. van Dorsen, *Proc. K. Akad. Wetensch. Amsterdam*, 9, 1906, p. 111.

liquide bouillant à 180-183° sous 16mm, ayant à 21° pour densité 1,274 et pour indice 1,497, d'où une réfraction moléculaire de 77,63. Le poids moléculaire décelé par une cryoscopie acétique a été 350; on y a trouvé 46,72 pour 100 de brome.

En attaquant ce bromure par six molécules de potasse alcoolique, on a obtenu le tridécadiine

$$CH \equiv C - (CH^2)^9 - C \equiv CH,$$

liquide d'une odeur rappelant celle de son homologue en C^{11}, bouillant à 115°,5 sous 12mm, et fondant entre — 3° et — 2°. A 21° sa densité égale 0,8262 et son indice 1,454, ce qui correspond à une réfraction moléculaire de 57,7; une cryoscopie acétique lui assigne un poids moléculaire de 182 et l'on y a trouvé, pour 100, carbone 88,41, hydrogène 11,44.

Ce carbure précipite le chlorure cuivreux ammoniacal en jaune, et le nitrate d'argent alcoolique ou ammoniacal en blanc. Le précipité obtenu dans l'alcool, après de nombreux lavages destinés à éliminer l'excès de carbure s'il s'en trouvait, contenait 57,73 pour 100 d'argent, ce qui correspond à la formule $C^{13}H^{18}Ag^2, NO^3Ag$ (théorie 57,85); si on le lavait longtemps avec une solution aqueuse d'ammoniaque on n'y trouvait plus que 54,17 d'argent, ce qui correspond au corps $C^{13}H^{18}Ag^2$ (par défaut, il faudrait 55,37).

Signalons que les queues (183-195°) du dibromure ayant servi à faire le carbure précédent en donnent encore beaucoup quand on les traite par la potasse, mais alors mélangé à une petite quantité de cristaux fondant à 25-26°, et qui paraissent également acétyléniques vrais.

Lorsque l'on rectifie le mélange de bromures primitif on arrive à des produits bouillant au-dessus de 210° sous 12mm, qui se concrètent par refroidissement. Il ne s'en trouvait pas assez pour qu'il fût possible de les purifier convenablement, car ils se prêtent mal à la distillation et ne se solidifient que sous une forme butyreuse.

Mais en les traitant par la potasse alcoolique on obtient une masse d'aspect paraffinique contenant peu de brome et qu'on arrive à purifier par dissolution dans l'alcool bouillant, refroidissement et essorage. Au début le refroidissement amène une prise en masse de l'ensemble, mais après quelques opérations on arrive à des cristaux se déposant à la partie inférieure du tube à essai dans lequel on opère. Ces cristaux (0g,4) fondaient entre 54 et 56°, on n'y a pas trouvé de brome; leur analyse a indiqué pour 100, carbone 86,84, hydrogène 12,53. Ces nombres s'accordent avec

la formule

$$CH \equiv C - (CH^2)^{16} - C \equiv CH,$$

à laquelle on doit penser, si l'on se rappelle que l'action du bromure de pentaméthylène sur le magnésium dans l'éther fournit une quantité appréciable du dérivé dimagnésien du bromure de décaméthylène. Par analogie il est à présumer que le bromure d'heptaméthylène donne dans des conditions analogues du dérivé magnésien du bromure de tétradécaméthylène, d'où par réaction du propylène dibromé un corps à 20 atomes de carbone, lequel conduit au carbure diacétylénique $C^{20}H^{34}$. La faible quantité de ce corps dont j'ai disposé ne me permet pas d'affirmer que le point de fusion donné ci-dessus ne sera pas un peu modifié par des recherches nouvelles.

Il s'agit bien ici d'un corps deux fois acétylénique vrai, car si on précipite une solution de nitrate d'argent alcoolique par une solution chaude du carbure dans l'alcool, et qu'on lave longuement le précipité à l'alcool chaud, on trouve que ce qui reste renferme 44,6 pour 100 d'argent, en accord avec la formule $C^{20}H^{32}Ag^2$.

Les lavages à l'alcool des précipités argentiques que nous avons faites au cours de ces recherches paraissent enlever peu à peu les molécules de nitrate d'argent que l'on y rencontre au début de la précipitation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Aptitudes migratices comparées des radicaux phényle et biphényle.* Note de M. **Maurice Delaville**, présentée par M. A. Béhal.

L'étude comparative des aptitudes migratrices des divers radicaux a déjà fait l'objet de nombreux travaux. On sait notamment qu'en série cyclique, les radicaux anisyle et paratolyle émigrent de préférence au radical phényle et l'on en a déduit qu'en série cyclique, ce sont les radicaux à forte capacité affinitaire qui ont les aptitudes migratrices les plus grandes (1). Il était intéressant de vérifier cette règle pour le radical biphényle dont la forte capacité affinitaire est bien connue. A cet effet, j'ai étudié l'action du nitrate d'argent sur l'iodhydrine dérivé du phénylbiphényléthylène

$$C^6H^5 - C^6H^4.C(C^6H^5) = CH^2.$$

(1) Il n'en est pas de même en série acyclique où les radicaux qui émigrent de préférence semblent être ceux à faible capacité affinitaire (Tiffeneau et Orékhoff, *Deuxième Conseil de Chimie*, Gauthier-Villars, 1926, p. 316).

Sous l'influence de ce réactif cette iodhydrine perd HI et se transforme par transposition semipinacolique, non pas en benzyl-biphényl-cétone

$$C^6H^5.CH^2.CO.C^6H^4.C^6H^5,$$

mais en phényl-1-biphényl-2-éthanone-1 (P. F. 140°; oxime F. 151°)

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5.C^6H^4 \end{matrix} \!\!>\! CO\,H - CH^2\,I \xrightarrow{-HI} C^6H^5{-}CO{-}CH^2{-}C^6H^4{-}C^6H^5.$$

Comme le montre cette formule, c'est bien le radical biphényle qui émigre et non le radical phényle ([1]). Il en résulte que, dans ce cas, comme dans ceux rappelés ci-dessus, les aptitudes migratrices de ce radical vont de pair avec sa capacité affinitaire.

Le phénylbiphényléthylène (F. 93°; dibromure, F. 156°; nitrosite, F. 136°) a été obtenu par déshydratation de l'alcool tertiaire $C^6H^5.C^6H^4.C(OH)(C^6H^5).CH^3$, formé lui-même par l'action de l'iodure de magnésium-méthyle sur la phénylbiphénylcétone $C^6H^5.C^6H^4.CO.C^6H^5$.

En fixant IOH sur ce carbure, on obtient une iodhydrine qui n'a pas été isolée, mais qui, traitée par un excès de NO^3Ag, fournit, comme il est formulé ci-dessus, la phényl-1-biphényl-2-éthanone-1 (F. 140°; oxime F. 151°). La cétone isomère, la benzylbiphénylcétone a été préparée par action du chlorure de phénylacétyle sur le biphényle; elle fond à 149° (oxime F. 156°). Quant à l'aldéhyde isomère

$$C^6H^5.C^6H^4.CH(C^6H^5)CHO,$$

elle a été préparée par isomérisation de l'oxyde que fournit le phénylbiphényléthylène sous l'action de l'hydroperoxyde de benzoyle. Cette aldéhyde fond à 96° et fournit une oxime fusible à 160°. Ainsi le produit obtenu dans la transposition ci-dessus (F. 140°) n'est ni la benzylphénylcétone ni la phénylbiphénylacétaldéhyde. La phényl-1-biphényl-2-éthanone est donc bien le produit de la réaction transpositrice ci-dessus et la réalité de la migration du radical biphényle est ainsi démontrée.

Conclusions. — Dans la transposition semipinacolique de l'iodhydrine dérivée du phénylbiphényléthylène, réalisée par action de l'azotate d'argent, il se forme un seul produit cétonique, la phényl-1-biphényl-2-éthanone. Il y a ainsi migration exclusive du radical biphényle; les aptitudes migatrices de ce radical sont donc supérieures à celles du radical phényle. Dans cette série, comme en série cyclique, les aptitudes migratrices vont de pair avec les capacités affinitaires.

([1]) Il en est de même dans le cas d'une pinacone étudiée par GOMBERG et BACHMANN, *J. of Amer. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 236.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Étude du dépôt de la fécule sur les plans de féculerie.* Note de M. **P. Nottin**, présentée par M. Lindet.

Des analyses nombreuses, effectuées sur les eaux résiduaires de féculerie, m'ont indiqué la grande irrégularité des pertes subies par les industriels au cours des décantations sur plans, opérations destinées à faire déposer la fécule au sein de l'eau et à la séparer des impuretés en suspension dans l'eau féculente. C'est pourquoi j'ai commencé une étude méthodique des phénomènes qui se produisent sur le plan.

Pour étudier la chute verticale de la fécule dans l'eau, j'ai utilisé des grains de fécule classés par grosseur (¹). La chute est provoquée dans une allonge de 6^{cm} de diamètre, graduée en centimètres sur sa longueur et pleine d'eau distillée. Pour suivre un même grain de fécule, le liquide est éclairé par un faisceau de lumière parallèle, perpendiculaire aux rayons visuels : les grains microscopiques deviennent brillants et se voient aisément à la loupe. Afin d'éviter une trop grande vitesse initiale, la fécule, délayée dans l'eau, est prélevée au moyen d'un tube de verre non étiré qui emporte une goutte retenue par capillarité; le tube est approché très lentement de l'eau contenue dans l'allonge jusqu'à ce que le contact ait lieu entre les deux liquides; la fécule passe alors dans l'allonge sous l'action de la pesanteur. Toutes les expériences ont été répétées un très grand nombre de fois pour éliminer autant que possible les erreurs.

Dans ces conditions, on constate que les grains prennent un mouvement retardé dont la vitesse décroît très brusquement jusqu'à la vitesse limite déduite de la formule de Stokes (²). En se basant sur la formule,

$$h=\frac{gt}{k}+\left(\frac{g}{k^2}-\frac{v_0}{k}\right)\frac{1}{e^{kt}}+\frac{v_0}{k}-\frac{g}{k^2},$$

établie par intégration des formules différentielles (³)

$$dh=v\,dt, \qquad dv=(g-\mathrm{K}v)\,dt,$$

on calculerait, d'après la vitesse moyenne de chute sur les cinq premiers

(¹) Lindet et Nottin, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 149.

(²) Stokes, *Transactions of Cambridge philosophical Society*, 3, 1845, p. 287.

(³) De Ville Chabrolle, *Annales de l'Institut National Agronomique*, 2ᵉ série, 7, 1908, p. 325.

centimètres ($0^{cm},15$ par seconde dans une expérience), que la vitesse initiale v_0 serait de l'ordre de 425^{m} à la seconde, ce qui est inadmissible. J'ai pensé alors qu'il intervenait un phénomène analogue à celui qui se produit dans le tir au fusil avec du petit plomb : au départ du coup, les grains, serrés les uns contre les autres, « font balle », et l'on peut envisager leur ensemble comme une grosse particule qui prendrait une vitesse pouvant atteindre 30^{cm} par seconde; mais rapidement les grains se dispersent dans l'eau et chacun d'eux reprend la vitesse caractéristique de son diamètre. Cette hypothèse se justifie par trois de ses conséquences que j'ai pu vérifier expérimentalement :

1° La vitesse moyenne pendant les cinq premiers centimètres de chute est d'autant plus faible que l'eau est moins chargée de fécule. Par exemple, cette vitesse passe de $0^{cm},66$ à la seconde à $0^{cm},52$ par dilution de moitié, à $0^{cm},36$ par dilution au quart et à $0^{cm},24$ par dilution au huitième;

2° La vitesse moyenne dans les cinq premiers centimètres est la même pour une concentration égale en fécule, quelle que soit la grosseur des grains : à la concentration de 10 pour 100, j'ai trouvé de $0^{cm},55$ à $0^{cm},57$ pour trois essais avec des grains de 60 à 80^{μ}, de 46 à 54^{μ} et de 16 à 30^{μ};

3° La vitesse moyenne dans les cinq premiers centimètres décroît avec le diamètre du tube servant à transporter la goutte, toutes conditions égales d'ailleurs : $0^{cm},49$ à la seconde pour 3^{mm} de diamètre, $0^{cm},31$ pour 2^{mm} de diamètre et $0^{cm},26$ pour 1^{mm} de diamètre.

Si les grains de toutes dimensions sont mélangés, comme cela a lieu dans la pratique, la goutte d'eau féculente reste rassemblée pendant les deux à trois premiers centimètres de chute; bientôt les petits grains prennent du retard en nombre de plus en plus important; au bout de 5^{cm} de chute, les grains se classent par grosseur, chaque catégorie suivant la loi correspondant au diamètre des grains de fécule.

Sur un plan, la chute verticale se combine avec le déplacement horizontal de l'eau, de sorte que les grains se déposent par grosseur décroissante depuis la tête du plan jusqu'au déversoir; les gros grains entraînent avec eux des grains plus petits. C'est ce que montre la détermination du poids d'un million de grains [1] en divers points d'un plan de féculerie : en tête 27^{mg}, au milieu 10^{mg}, avant le déversoir 8^{mg}, dans les eaux résiduaires 1^{mg}.

Les conditions réalisées dans l'industrie sont telles qu'une grande partie des petits grains est perdue dans les eaux résiduaires.

En diminuant l'épaisseur du liquide coulant sur le plan, on peut réaliser

---

(1) Lindet et Nottin, *Annales des Falsifications et Fraudes*, 16, 1923, p. 134.

le dépôt de fécule sur une longueur aussi réduite que l'on veut; il existe en effet une relation entre la longueur du plan, l'épaisseur du liquide, la vitesse du déplacement horizontal de ce liquide et la concentration en fécule de l'eau féculente alimentant le plan. Si l'on modifie un de ces facteurs, on change le régime du plan. C'est ce qui arrive notamment en faisant varier la pente du plan; 200^g de fécule, passés sur un plan d'essai, ont abandonné dans l'eau résiduaire : $1^g,47$ le plan étant horizontal; $2^g,81$ le plan ayant une pente de $0^{cm},5$ par mètre; $21^g,15$ si la pente atteint 2^{cm} par mètre.

Le dépôt de fécule se forme en plus grande quantité vers la tête du plan et crée, dans cette partie, une pente de plus en plus forte; aussi les eaux résiduaires, sont-elles de plus en plus chargées de fécule, passant, dans un essai de laboratoire, de $0^g,5$ par litre à $10^g,9$ par litre. Il semble que les plans de féculerie ne doivent pas être inclinés; au contraire, ils devraient pouvoir basculer pour maintenir à peu près horizontale la couche de fécule au fur et à mesure qu'elle se dépose.

PÉDOLOGIE. — *Sur les sols podzoliques du nord-ouest de la Tunisie.* Note (¹) de Mlle **V. Malychef**, présentée par M. G. André.

Dans les régions montagneuses et forestières du nord-ouest de la Tunisie il existe des sols sableux, argilo-sableux et argileux qui rappellent par leur aspect les sols podzoliques (²).

Les sols podzoliques sont des sols acides, pauvres en sels solubles et riches en oxydes de fer hydratés, fixés dans leurs niveaux inférieurs où ils forment souvent des concrétions. Une partie de leur humus, étant acide et ne se coagulant pas, favorise la mobilité des autres colloïdes qui sont transportés vers le bas par les eaux d'infiltration. En coupe verticale, ces sols présentent généralement trois horizons (niveaux). L'horizon supérieur est toujours plus foncé que le moyen, l'un et l'autre sont colorés en gris par l'humus; parfois ils sont presque blancs, comme la cendre (*zola* en russe), d'où l'on a tiré le nom de *podzol* (³) pour les plus typiques du groupe. L'horizon inférieur est coloré en brun par le fer souvent accompagné d'alumine, de manganèse (sous forme d'oxydes hydratés) et d'acide phosphorique. Les conditions favorables à la formation de ces sols sont réalisées

(¹) Séance du 14 février 1927.

(²) Ce fait, reconnu par Murgoçi, m'a été signalé par M. Solignac.

(³) K. Glinka, *Les sols de la Russie et de ses limitrophes*, Pétrograde, 1923. — V. Agafonoff, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 425.

dans les régions tempérées, humides; ces sols y dominent, pouvant s'y trouver sur diverses roches mères, sous des couvertures végétales variées. Mais ils peuvent aussi se former dans d'autres regions, là où les conditions locales arrivent à modifier sensiblement l'action propre du climat.

Les sols étudiés du nord-ouest de la Tunisie portent toujours une couverture végétale morte, et présentent les trois horizons propres aux sols podzoliques.

L'horizon supérieur A′ (épaisseur de 7 à 35^{cm}) est gris foncé, grumeleux. *L'horizon moyen* A″ (même épaisseur), gris pâle jaunâtre, est poreux s'il est sableux; s'il est argileux il se débite en petites mottes anguleuses plus foncées à l'intérieur. *L'horizon inférieur* B (épaisseur de 20 à 75^{cm}) est tacheté ou uniformément coloré en brun par des oxydes de fer hydratés; il a même structure que l'horizon A″, ou bien il est schisteux, si le sol se forme sur une argile schisteuse. Cet horizon passe insensiblement à la roche mère peu altérée.

La puissance et la netteté des horizons subissent quelques variations sous l'influence de l'altitude et des conditions topographiques.

Les propriétés chimiques de ces sols ont été étudiées sur deux échantillons typiques prélevés dans les environs d'Aïn Draham en Khroumirie, l'un au col des Babouches (I), l'autre près du col des Ruines (II).

Dosage °/₀ des éléments solubles dans HCl bouillant.	I. Sol sur grès.			II. Sol sur argile.		
	Hor. A′.	Hor. A″.	Hor. B.	Hor. A′.	Hor. A″.	Hor. B.
Fe^2O^3 (1)	1,15	0,99	1,99	3,61	5,88	7,52
Al^2O^3 (2)	0,91	0,67	1,50		(somme	
P^2O^5 (3)	0,03	0,01	0,02	$Fe^2O^3 +$	$Al^2O^3 +$	P^2O^5)
CaO	0,06	0,01	0,01	0,09	0,04	0,02
Humus (méthode Simon)	5,47	0,84	néant	5,89	2,1	trace
Matières (totales) solubles dans H^2O	0,23	0,12	0,07	0,21	0,1	0,06
Matières minérales solubles dans H^2O	0,07	traces	0,02	0,06	0,02	0,02
Acidité active (4) en gr. KOH.	neutre	0,005	0,004	0,003	0,007	0,004
Acidité d'échange (5) en gr. CaO	»	0,003	0,103	0,004	0,015	0,124
pH (méthode Comber)	5,5 à 6	5 à 5,5	5(env.)	5 à 5,5	5(env.)	4 à 4,5

(1), (2), (3). Ces dosages ont été faits, pour l'échantillon I, au laboratoire de la Société des Agriculteurs de France; tous les autres par l'auteur, d'après les méthodes indiquées dans Gédroïz : *Analyse chimique du sol*, Pétrograde, 1923.

(4) et (5). Ces termes sont compris dans le même sens que Gédroïz. L'acidité active est attribuée aux matières solubles dans l'eau, l'acidité d'échange au pouvoir d'absorption des colloïdes du sol.

Les propriétés chimiques des sols étudiés montrent qu'il faut les ranger parmi les sols podzoliques; en effet : 1° ils sont assez riches en sesquioxydes, fixés surtout dans leurs niveaux inférieurs; 2° ils sont pauvres en sels solubles; 3° ils sont acides.

Leur acidité active est probablement due, au moins en partie, à l'humus [1]. C'est en effet dans l'horizon A″, où l'humus paraît être le plus soluble, que cette acidité est la plus grande. Quant à leur acidité d'échange, elle est surtout due aux matières minérales, car elle augmente avec la profondeur. Ces acidités sont en relation avec celles des roches mères : le pH de l'argile est de 4 à 5, celui du grès de près de 6. Celui-ci est du reste formé de gros grains de quartz et d'une faible quantité de matière amorphe.

Les sols podzoliques du nord-ouest de la Tunisie étudiés se forment sur les grès Numidiens et les argiles grises dures et schisteuses qui s'y intercalent, ainsi que sur leurs produits de décomposition (dépôts caillouteux de pentes). Ces roches ne donnent aucun autre sol dans cette région où elles sont toujours couvertes de maquis ou de forêts de chênes-liège à sous-bois épais.

Bien que des grès et des maquis analogues se rencontrent dans d'autres régions de la Tunisie, les sols podzoliques ne se forment que dans le nord-ouest de ce pays, la région la moins chaude et la plus pluvieuse (température moyenne annuelle 14°,4 dans les régions élevées, 18°,7 dans les régions plus basses; précipitations 1500^{mm} chez les premières, 700^{mm} chez les secondes). Le climat y est pourtant encore méditerranéen et, en principe, défavorable à la formation des sols podzoliques; ces sols sont des sols étrangers à cette région, ils s'y rencontrent par suite de la collaboration des trois facteurs suivants : humidité suffisante du sol, végétation arborescente ou buissonneuse, acidité des roches mères. L'humidité du sol est due à des précipitations annuelles abondantes et à la végétation qui, préservant en été le sol du dessèchement par son couvert et son détritus abondant, est en même temps la source de l'humus.

Dans les autres régions de l'Afrique du Nord, de pareils sols se forment probablement là où des conditions analogues sont réalisées, comme, par exemple, dans certaines régions forestières de l'est de l'Algérie.

---

(1) Voir les valeurs de la matière totale soluble dans H^2O et celles de la matière minérale.

BOTANIQUE. — *Sur les tétrasporanges du* Falkenbergia Doubletii *Sauv.* Note [1] de M. **G. Ollivier**, présentée par M. L. Mangin.

On ne connaissait pas de *Falkenbergia* sur les côtes de France, jusqu'au moment où Sauvageau signala la présence récente et abondante, sur la côte basque et à Cherbourg, d'une espèce qu'il considérait comme nouvelle, le *F. Doubletii* Sauv. [2], d'autant plus intéressante que l'auteur y signalait des organes spéciaux, ou ioduques, renfermant de l'iode à l'état non combiné. Or, comme je l'ai dit dans une Note antérieure [3], cette plante existe aussi dans les Alpes-Maritimes : j'ai vérifié toutes les réactions de l'iode indiquées par Sauvageau et j'ai pu suivre sa reproduction asexuée qui était encore inconnue.

L'envahissement rapide de cette Algue floridée sur une aussi vaste étendue est un phénomène curieux : Sauvageau mentionne sa grande ressemblance avec le *F. Hillebrandii Falk.*, connu en divers points de l'Atlantique chaud et en outre à Naples et à l'île d'Elbe, lequel, d'après un dessin de Börgesen, possède aussi très vraisemblablement des ioduques. Or Collins et Hervey y ont vu, aux Bermudes, des tétrasporanges à division tétraédrique, comme ceux des *Polysiphonia*. Il était donc intéressant de savoir si les tétrasporanges du *F. Doubletii* sont semblables ou différents.

Bien que j'aie maintes fois examiné le *F. Doubletii* de Nice et de Villefranche au cours de l'année 1926, c'est seulement en décembre dernier que j'ai vu des individus fructifiés, dont l'abondance m'a permis de suivre le développement des tétrasporanges et même la germination des tétraspores.

Formation des tétrasporanges. — Les cellules destinées à la reproduction se spécialisent très tôt ; dans les dix premiers segments à partir du sommet, alors qu'elles n'ont encore que la moitié de leur taille définitive, elles se reconnaissent à leurs dimensions plus grandes et le tractus protoplasmique qui traverse leur grande vacuole centrale ne porte ni renflement, ni ioduque. A mesure qu'elles s'accroissent, leur protoplasme devient de plus en plus

(1) Séance du 7 février 1927.

(2) C. Sauvageau, *Sur quelques Algues floridées renfermant de l'iode à l'état libre* (*Bulletin de la Station biologique d'Arcachon*, **22**, 1925, p. 17).

(3) G. Ollivier, *Première Note sur les Algues floridées de Villefranche-sur-Mer et de Nice, qui renferment de l'iode et du brome à l'état libre* (*Riviera scientifique*, **13**, 1926, p. 52).

abondant, les vacuoles disparaissent, les chromatophores plus petits et plus nombreux donnent par leur superposition une coloration plus foncée que celle des cellules voisines stériles. La première segmentation est perpendiculaire à l'axe du filament; les seconds plans de bipartition, perpendiculaires au premier, le sont très souvent entre eux et l'on ne peut voir les quatre spores qu'en faisant tourner le filament sous le microscope.

Les spores sont émises par un orifice de la paroi externe du tétrasporange; par rupture de l'épispore, elles se séparent, s'arrondissent et s'enveloppent d'une membrane épaisse.

Cette origine du tétrasporange se retrouve identique sur la plante du golfe de Gascogne : je l'ai constaté sur des exemplaires récoltés en novembre 1925, que M. Sauvageau a bien voulu me confier; les tétrasporanges insuffisamment mûrs n'y dépassaient pas le deuxième stade.

Au cours de ces transformations, les tétrasporanges ne renferment ni iode libre, ni iode combiné à des bases minérales; les cellules voisines stériles ne se modifient pas, leur ioduque persiste normal, mais dès que le sporange est vide, elles s'accroissent dans sa cavité et se cloisonnent : cet aspect particulier permet de reconnaître si une plante stérile a été fertile.

Répartition des tétrasporanges. — Généralement, il ne s'en forme qu'un seul par segment, et les segments fertiles sont séparés par un ou deux segments stériles; cependant il m'est arrivé d'observer deux à six segments fertiles successifs, rappelant la disposition habituelle des *Polysiphonia*, parfois aussi deux sporanges contigus dans un même segment, comme il est de règle pour quelques *Polysiphonia* et *Tænioma*.

Germination des spores. — Une spore libérée se divise en deux cellules légèrement inégales : la plus petite s'allonge, se cloisonne activement, les divisions transversales de chaque segment, suivant de près la division longitudinale; la plus grande se développe plus tardivement en organes de fixation. Assez fréquemment, les spores germent en place. Des plantules de sept à dix segments, vivant encore des réserves de la spore, ne contenaient ni iode libre, ni iode combiné à des bases minérales.

Conclusions. — 1° Les tétraspores et les plantules sont donc dépourvues d'iode libre ou combiné à des bases minérales, comme si l'iode du *Falkenbergia* n'était pas une matière de réserve;

2° Il y aurait lieu de rechercher si le *F. Hillebrandii*, signalé autrefois à Naples et à l'île d'Elbe, y fructifie comme la plante des Bermudes ou comme le *F. Doubletii*, autrement dit, s'il appartient à la première espèce ou à la seconde, ce qui pourrait être un indice sur le sens de la migration de celle-ci.

BOTANIQUE. — *Le noyau et l'évolution nucléaire chez les Bangiales.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P. A. Dangeard.

Le groupe des Bangiales, avec les genres principaux *Bangia* et *Porphyra*, présente un certain nombre de caractères qui le placent à la base des Floridées proprement dites. Tandis que l'anatomie de ces algues et leur développement sont assez bien connus, on ne possède à peu près aucun document sur la cytologie en dehors d'un Mémoire récent d'Ishikawa sur le *Porphyra tenera* Kjellm. (1921) (1).

Nous rappellerons brièvement les résultats les plus importants obtenus par le savant japonais : présence d'un noyau très petit (1,5 à 2$^{\mu}$ de diamètre) formé d'un globule chromatique homogène; division nucléaire d'un type spécial, intermédiaire entre la mitose et l'amitose, avec trois chromosomes incomplètement séparés; renseignements très sommaires concernant la réduction chromatique que l'auteur suppose avoir lieu par une sorte d'élimination de l'excédent de chromatine.

Plusieurs des observations précédentes ont été reprises par nous sur des échantillons de *Bangia fusco-purpurea* et de *Porphyra umbilicalis* recueillis à Quiberon. Nous sommes arrivé à des résultats différents de ceux obtenus par Ishikawa et nous les résumerons ainsi :

Le noyau au repos a la même structure dans le genre *Bangia* et dans le genre *Porphyra :* c'est un corps chromatique de 2 à 4$^{\mu}$ de diamètre, comprenant un nucléoplasme et un gros nucléole. C'est ce dernier évidemment qui a été considéré comme le noyau total par Ishikawa. La division se fait suivant le mode caryocinétique avec présence de deux centrosomes et de deux chromosomes distincts. Le nombre de ces derniers est le même chez les *Bangia* et chez les *Porphyra*. La réduction chromatique suit immédiatement la fécondation et les deux premières divisions de la zygote sont réductrices. La réduction paraît être du type classique suivant le schéma hétéro-homéotypique.

Il résulte de ces données que le cycle évolutif des Bangiales appartient tout entier à la phase haploide et que seule la zygote possède le nombre diploide de chromosomes. Les Bangiales se comportent donc comme les Floridées haplobiontes.

Au sujet de la fécondation, si particulière dans ce groupe, nous avons

(1) M. Ishikawa, *Cytological studies on* Porphyra tenera *Kjellm.* (*Bot. Magaz.*, Tokyo, 35, 1921, p. 206).

noté que le chromatophore mâle, bien que présent dans la spermatie mûre, n'intervient pas dans la fertilisation. La spermatie pousse un fin prolongement protoplasmique dans lequel le noyau s'engage et l'on constate que ce dernier, après un trajet plus ou moins long, va se fusionner avec le noyau femelle dont le diamètre est environ deux fois supérieur.

La première division de la zygote détermine une cloison soit anticline (*Bangia*), soit péricline (*Porphyra*). L'opinion, due à Berthold, que la première cloison de l'œuf est péricline chez les *Bangia* n'est pas justifiée : nous avons assisté en effet à la sortie des carpospores sans qu'il y ait eu formation de cloison transversale.

Dans les carpospores et dans les gonidies s'accumule un produit hydrocarboné abondant, colorable en rouge brun par l'eau iodée, comparable à *l'amidon*, spécial des Floridées.

En résumé, la présence d'un noyau et d'une division nucléaire normale chez les Bangiales contribue à rapprocher plus étroitement ce groupe des Floridées proprement dites. Le cycle évolutif, presque entièrement connu maintenant, est du même type, par rapport à l'évolution nucléaire, que celui des Floridées inférieures (Nemalionales).

La filiation aux dépens des Cyanophycées, soutenue par Ishikawa, en se fondant principalement sur le caractère primitif du noyau, devient très difficile à soutenir maintenant.

PHYSIOLOGIE. — *Teneur de l'organisme en calcium et en halogènes au cours de la gestation.* Note de MM. **H. Vignes** et **Coisset**, présentée par M. F. Mesnil.

Les bilans établis entre *ingesta* et *excreta* ont permis de supposer que la gestation détermine une rétention chlorurée non pas par imperméabilité rénale, mais par intervention d'un facteur tissulaire.

Il est assez généralement admis, d'autre part, que la gestation détermine une décalcification de l'organisme maternel. Cette affirmation se fonde : 1° sur un petit nombre de bilans établis entre ingesta et excreta; 2° sur quelques faits pathologiques qu'on interprète comme traduisant une décalcification (caries dentaires, relâchement de la ceinture pelvienne, tétanie, aggravation de certaines tuberculoses); 3° sur des dosages pratiqués dans le sang (Borgert et Plass, Mazocco et Bustos Moron, Widdows, Krebs et Briggs ont constaté une calcémie diminuée ou plus exactement une calcémie

se maintenant à un niveau normal faible, ce qu'ils interprètent comme prouvant la décalcification des tissus; au contraire, Lamers, Underhill ont constaté une augmentation de la calcémie, ce qu'ils interprètent comme traduisant une mobilisation gravidique des réserves calciques).

Nous apportons, à ces problèmes, la contribution de dosages effectués sur des animaux entiers (dans l'espèce, des cobayes, après excision de l'estomac et des intestins). Les teneurs en Ca et en halogènes (exprimées en Cl) sont mesurées en centièmes.

	Poids en grammes de l'animal.		Teneur % en solides	Teneur en Ca % (exprimée en Ca).		Teneur en halogènes % (expr. en Cl).	
	Frais.	Sec.	(extrait sec).	Frais.	Sec.	Frais.	Sec.
Femelle G	490	178	36	1,58	4,56	0,16	0,45
— *ses 4 embryons*	0,299	—	—	—	—	—	—
Femelle F	580	210	36	1,05	2,91	0,10	0,28
— *ses 4 embryons*	2,08	—	—	—	—	—	—
Femelle A	575	221	38	1,06	2,77	0,18	0,47
— *ses 3 fœtus*	125	35	28	1,00	3,59	0,22	0,79
— *ses 3 placentas*	13,5	2,4	17	—	—	18	1,06
Femelle C	—	—	—	—	—	—	—
— *ses 3 fœtus*	125	33	26	—	—	0,16	1,64
— *ses 3 placentas*	13,8	2,4	17	—	—	0,20	1,20
Femelle B	528	176	33	0,93	2,78	0,18	0,71
— *ses 2 fœtus*	95	25	26	0,75	2,87	0,19	1,09
— *ses 2 placentas*	8,9	1,6	17	—	—	—	—
Femelle témoin jeune D	230	70	32	1,18	3,92	0,13	0,44
Femelle témoin jeune E	250	77	32	1,76	4,04	0,11	0,37
Femelle témoin adulte H	530	203	38	1,86	4,86	0,18	0,48

Conclusions. — 1° Les femelles gravides F, A et B ont une teneur en calcium inférieure à celle des trois témoins D, E, H; la femelle gravide G, à l'extrême début de sa gestation, avait une teneur en calcium inférieure à celle des témoins E (jeune) et H (adulte) et supérieure à celle du témoin (jeune) D (¹). Il semble donc légitime de parler de décalcification gravidique;

(¹) Nos chiffres et nos conclusions s'appliquent à un fait physiologique; ils ne prouvent ni n'infirment qu'il y ait lieu de prescrire un traitement recalcifiant au cours de la gestation. En effet, si, d'une part, certaines femmes enceintes ou femelles pleines souffrent grandement par une carence de chaux, si, d'autre part, certains cas d'avortement et de mort *in utero* s'expliquent par cette carence (Macomber, Koren-

2° La décalcification la plus accentuée a été observée chez la femelle la plus proche de la fin de la gestation (le terme étant apprécié d'après le poids des embryons et fœtus);

3° La teneur des tissus maternels en halogènes ne permet pas de confirmer la réalité de la rétention chlorurée gravidique: toutefois, elle indique une prédominance de chiffres forts chez les deux femelles A et B plus avancées dans le cours de leur gestation.

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'émanation du radium sur la glycémie chez la souris blanche.* Note de MM. **H. Labbé** et **A. Kotzareff**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous nous sommes proposé d'étudier les modifications que l'émanation du radium est susceptible d'exercer sur l'équilibre des substances dissoutes dans le plasma et dans les éléments cellulaires. La première des questions que nous avons cherché à résoudre est l'action de l'émanation du radium sur la glycémie chez l'animal normal.

Pour raison de commodité, nous avons choisi la souris blanche comme animal d'expérience, nous proposant de faire, par la suite, ces mêmes recherches sur d'autres espèces animales.

L'émanation a été introduite dans l'organisme par injection sous-cutanée d'un liquide radioactif, chargé à raison de 1,05 à 1,59 millicuries par centimètre cube. Outre l'émanation du radium, le liquide contenait en dissolution de la gélatine, de la lysine, des sels de calcium et de cadmium; son pH variait de 7,4 à 7,8.

Pour avoir un point de départ aussi fixe que possible, nous avons procédé à de nombreuses déterminations (75 sujets) de la glycémie chez la souris normale. Nous nous sommes ainsi arrêtés, comme valeur moyenne, au chiffre de 1,259 pour 1000 (dosage effectué par la méthode de Bang, technique de H. Labbé et Nepveux).

I. Les chiffres extrêmes ont été de 1,201 et 1,336. Le nombre des chiffres ne s'écartant pas de la moyenne de plus ou moins 10 pour 100 a été de 71

---

chewsky, etc.), il est d'autres faits expérimentaux dans lesquels un excès de chaux a augmenté intempestivement le poids, le volume et la consistance du fœtus (Eward); sans pouvoir en apporter la preuve irréfutable, il a semblé, à diverses reprises, à l'un de nous que de tels cas pouvaient s'observer dans l'espèce humaine et qu'ils pouvaient constituer un facteur de dystocie.

(soit 95 pour 100 environ du total des déterminations) et celui des chiffres ne s'écartant pas de la moyenne de plus ou moins 6 pour 100 a été de 58 (soit 70 pour 100 environ du total des déterminations) [1].

II. La souris étant une très petite bestiole (poids : 20 à 25^g), nous nous sommes assurés que des prises de sang répétées quatre fois en 24 heures (environ 120^{mg} par prise, soit 480^{mg} en tout, représentant 30 pour 100 environ du sang de la souris) n'amèneraient pas des variations notables de la glycémie. Il en a bien été ainsi, comme en témoignent les chiffres suivants (sur 10 souris différentes) :

	1re prise.	2e prise.	3e prise.	4e prise.
Temps..................	0.	3 heures.	5 heures.	24 heures.
Glycémie (moyenne)........	1,275	1,272	1,275	1,270

III. Afin de pouvoir attribuer les modifications essentielles de la glycémie à l'influence propre de l'émanation du radium, nous avons également cherché si le liquide de base, non chargé, ne produirait pas, par lui-même, d'influence notable sur la glycémie. Nous avons obtenu les résultats suivants (sur 8 souris différentes) :

	1re prise.	2e prise.	3e prise
Temps..................	Avant l'injection.	5 heures après.	24 heures après.
Glycémie (moyenne)...........	1,245	1,218	1,276

On observe donc une faible hypoglycémie, mais la variation (de 4,5 pour 100 entre les chiffres extrêmes) peut être considérée comme négligeable, car nous avons observé de plus forts écarts à l'état physiologique.

IV. Sur un lot important de souris neuves (57 sujets), nous avons pratiqué l'injection de 1$^{cm^3}$ de liquide radioactif à la charge indiquée plus haut. La glycémie a été dosée, pour chaque animal, quatre fois dans les 24 heures consécutives. Voici les résultats :

	1re prise.	2e prise.	3e prise.	4e prise.
Temps......................	Avant l'injection.	3 h. après.	5 h. après.	24 h. après.
Glycémie (moyenne).....	1,257	0,915	0,999	1,217

L'hypoglycémie s'est constamment vérifiée; son maximum paraît situé entre la troisième et la cinquième heure : L'abaissement a été de 27,2 pour 100 de la valeur initiale. Le retour à l'état antérieur (avant l'injection) n'est pas tout à fait terminé à la vingt-quatrième heure.

Quelques cas de mort se sont produits chez des souris qui avaient réagi

[1] L'écart entre le chiffre le plus haut et le chiffre moyen représente 12,5 pour 100 et celui entre le chiffre le plus bas et le chiffre moyen est de 19 pour 100.

à l'injection par une hypoglycémie plus marquée et surtout plus durable que ne l'accusent les chiffres moyens ci-dessus.

Des données que nous venons de résumer, il ressort que :

1° Des prises de sang répétées (quatre fois en 24 heures) ne modifient pas, d'une manière sensible, la glycémie de la souris normale.

2° L'injection du liquide vecteur provoque, vers la cinquième heure, une faible hypoglycémie, probablement due au volume et à la composition chimique du liquide injecté.

3° L'injection du liquide radioactif provoque une forte hypoglycémie maximale entre la troisième et la cinquième heure, suivie d'un retour au taux normal vers la vingt-quatrième heure.

Nos essais sur le lapin actuellement en cours nous révèlent d'ailleurs la production chez cet animal d'une hypoglycémie comparable en tout point se produisant consécutivement à l'injection d'émanation dans les mêmes conditions que celles observées pour la souris blanche.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Accumulation de réserves graisseuses par le rein d'*Ascidia mentula *Müll.* Note de M. **Maurice Azéma**, présentée par M. F. Mesnil.

Alors que le rein des *Ascidia mentula* adultes, examiné au printenps, est formé de vésicules transparentes, le même organe, observé au mois d'août, présente un aspect macroscopique très différent. Il est opaque et de couleur uniforme, jaune crème. Au microscope, on constate que les parois des vésicules rénales sont bourrées de petites boules réfringentes, qui manquent totalement au printemps.

Ces boules sont rapidement dissoutes par les principaux solvants des graisses : éther, chloroforme, benzine, acétone. Le Soudan III, sur matériel frais, les colore en rouge. L'acide osmique donne la coloration noire et indélébile caractéristique des graisses neutres. De plus l'intensité de cette coloration indique une forte proportion d'acide oléique. Le rouge neutre et le bleu de Nil donnent des colorations variables suivant la taille des globules de graisse. Les plus gros ne prennent qu'une très faible coloration et sont donc probablement constitués principalement par des graisses neutres. Les petites boules, au contraire, rapidement et intensément colorées en rouge ou en bleu, renferment surtout des acides gras. On peut supposer que c'est là le début de l'élaboration de la boule de graisse (éthérification incomplète).

Bien qu'en lumière polarisée ces boules ne présentent pas la croix noire caractéristique des lécithines, elles donnent deux importantes réactions des lipoïdes : elles se colorent fortement en noir par l'hématoxyline acétique (Dietrich) et en rouge par le Soudan III (Ciaccio), après fixation suivie de postchromisation.

Ces éléments semblent donc constitués par un mélange de graisses neutres et de lipoïdes. De plus leur présence, seulement transitoire, laisse supposer un rôle de réserves. Ayant observé régulièrement pendant un an des *Ascidia mentula*, j'ai pu préciser la durée de la période d'accumulation de ces réserves graisseuses. Celle-ci s'étend de juillet à janvier. Pendant l'autre moitié de l'année, ces graisses disparaissent et sont utilisées. Il ne semble pas qu'elles soient employées par l'ovaire, l'état de maturité génitale étant indépendant de l'état du rein. Aussi doit-on supposer qu'elles sont utilisées d'une façon plus générale, encore imprécisée.

L'apparition de ces graisses dans les cellules de la vésicule rénale d'*Ascidia mentula* provoque aussi de profondes modifications dans la structure des cellules excrétrices. L'examen histologique sur le frais montre alors un épaississement considérable, du simple au quintuple, de la cellule rénale. De plus, alors que toutes les cellules d'une vésicule rénale, n'ayant pas encore accumulé de graisses, présentent la structure caractéristique des éléments excréteurs vacuolaires, on peut distinguer, dans les vésicules en période d'accumulation graisseuse, deux types cellulaires distincts.

Le type le plus fréquent est celui de *cellule excrétrice à graisse*. Elle ne diffère de la cellule excrétrice typique que par ses inclusions grasses et son épaisseur. Quand ces boules ont été dissoutes par les réactifs fixateurs, le cytoplasme présente une structure alvéolaire caractéristique. La vacuole a persisté et conservé sa situation proche du noyau. A côté de ces éléments, on rencontre souvent d'autres cellules différenciées en *cellules à brosse*. Leur cytoplasme homogène remplit toute la cellule et les inclusions graisseuses sont très rares ou le plus souvent absentes. La bordure interne de ces cellules présente une bande cytoplasmique d'épaisseur régulière, se colorant assez fortement par l'hématoxyline et possédant une rigidité caractéristique. Cette bande paraît se subdiviser tangentiellement en deux bandes de largeur identique, mais de colorabilité différente. La bande inférieure reste fortement colorée. La bande supérieure, plus claire, semble présenter une faible striation longitudinale. Cette striation correspond à une série de corpuscules basaux très petits, sur lesquels s'insèrent les cils qui constituent la brosse. Le noyau de ces cellules ne présente pas de structure spéciale, mais

il est toujours très voisin de la bande cytoplasmique qui supporte la brosse. Le rôle excréteur de ces éléments n'étant pas prouvé expérimentalement, il serait encore prématuré de les rapprocher des cellules excrétrices à brosse et à bâtonnets bien connues chez d'autres animaux.

En somme, en dehors de sa fonction excrétrice, le rein d'*Ascidia mentula* est aussi un organe d'accumulation de réserves grasses.

BIOLOGIE. — *Sur la perte progressive des insertions postérieures de certains muscles céphaliques.* Note (¹) de M. J. **Chaine**, présentée par M. Ch. Gravier.

L'étude de certains muscles céphaliques, effectuée sur une série assez complète d'espèces, met en relief un phénomène sur lequel les auteurs n'avaient pas attiré l'attention avant mes observations sur le *dépresseur de la mâchoire inférieure*, le *sterno-mandibulaire* et le *génio-hyoïdien*.

Depuis cette époque, le même fait a été constaté par un de mes élèves sur un autre muscle que je n'avais pas étudié, le *temporal* (²).

Le phénomène en question consiste en une régression progressive des insertions postérieures du muscle envisagé, à mesure qu'on s'élève dans l'échelle animale.

Le dépresseur de la mâchoire inférieure, par exemple, chez les Amphibiens, s'insère, dorsalement, sur la colonne vertébrale et le crâne, présentant ainsi une portion rachidienne et une portion cranienne, continues ou séparées par une fente plus ou moins large (dans ce cas, des auteurs ont considéré chaque portion comme formant un muscle distinct); chez quelques Urodèles la portion rachidienne s'étend jusque sur les premières vertèbres dorsales, chez les Anoures elle n'intéresse déjà plus que la région cervicale. Chez les Ophidiens et les Sauriens, la disposition est identique, mais le muscle est moins étendu vers l'arrière; il n'emprunte généralement pas toutes les cervicales. Chez des Chéloniens, tout au plus si quelques faisceaux vont aux vertèbres cervicales antérieures. Enfin, chez les Crocodiliens et les Oiseaux, le muscle est uniquement cranien. Une série judicieusement établie, des Urodèles aux Oiseaux, montre donc le dépresseur de la mâchoire inférieure réduisant peu à peu ses insertions postérieures,

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

(²) X. J. Dubecq, *Morphologie comparative de quelques muscles élévateurs de la mandibule chez les Vertébrés* (*Thèse de doctorat ès sciences*, Bordeaux, 1925).

de la région dorsale du rachis au crâne. Il y a ainsi disparition complète des faisceaux postérieurs, dont je n'ai jamais retrouvé de traces sous quelque forme que ce soit.

Le sterno-mandibulaire n'existe que chez les Mammifères inférieurs. Dans le cas le moins évolué il prend ses insertions postérieures sur les côtes antérieures et le sternum; pour se rendre à la mâchoire, il croise l'hyoïde sans s'y attacher. Chez certaines formes, le muscle est plus ou moins modifié dans ses insertions postérieures, de sorte qu'il est possible d'établir des séries de types montrant la régression progressive de celles-ci : les insertions costales disparaissent d'abord, puis les sternales se raréfient pour disparaître à leur tour à mesure que le muscle se transforme en une formation hyoïdienne.

Une partie de la masse génienne des Reptiles, chez les formes inférieures, s'étend en arrière sur la région thoracique se fixant, suivant les types considérés sur les côtes, les apophyses transverses des vertèbres dorsales, la ceinture scapulaire, le sternum. Ici encore, il est facile de suivre la régression progressive de ces insertions qui, peu à peu, tendent à ne se faire que sur une région plus antérieure.

Enfin Dubecq, à son tour, mit en évidence la régression progressive des attaches postérieures du temporal des Amphibiens. Chez les Urodèles, en effet, ce muscle se fixe non seulement sur le crâne, mais aussi sur les apophyses épineuses des premières vertèbres cervicales ; les parties craniennes et rachidiennes sont continues ou séparées suivant les espèces considérées ; mais déjà chez des Urodèles les insertions postérieures sont moins étendues vers l'arrière que chez d'autres, et chez les Anoures elles ont totalement disparu.

A mon sens, la régression progressive des insertions postérieures des deux muscles dorsaux (dépresseur de la mâchoire inférieure, temporal), paraît être une conséquence directe de la variation de direction que subissent les axes de la tête et du tronc, l'un par rapport à l'autre, au cours du développement phylogénique [1]. Tant que les deux axes sont en ligne droite, les muscles s'attachent loin vers l'arrière sur la colonne vertébrale; à mesure que les axes s'inclinent l'un sur l'autre, les insertions dimi-

---

[1] Au sujet de cette variation, en dehors de la question ici traitée, voir J. Chaine, *Conséquences de la variation de la direction des axes de la tête et du tronc chez les Vertébrés* (*Proc.-verb. des séances de la Soc. des Sc. phys. et nat.*, Bordeaux, 30 mars 1905, p. 49).

nuent, et disparaissent complètement lorsque l'angle est très marqué. Du reste, la simple réflexion, ou un coup d'œil rapide jeté sur la région, montre que dans ce dernier cas il ne saurait en être autrement, les faisceaux rachidiens et craniens étant alors antagonistes, tandis qu'ils concourent au même but lorsque les axes sont dans le prolongement l'un de l'autre.

Quant à ce qui est des deux muscles ventraux (sterno-mandibulaire et masse génienne), la régression des insertions postérieures peut encore être sous l'influence du même facteur, bien que celui-ci s'y fasse sentir d'une façon beaucoup moins intense que pour les muscles dorsaux; mais à ce facteur s'en ajoute un second dont l'action est bien connue : la tendance que possède tout faisceau musculaire croisant un plan osseux (ici l'hyoïde) à se fixer à celui-ci.

PARASITOLOGIE. — *Porphyrines et Vers parasites.* Note de M. **E. Derrien**, présentée par M. Henneguy.

J'ai montré (1) comment les porphyrines par leur fluorescence rouge, observée en lumière ultraparaviolette (technique de Wood), pouvaient, dans certains cas, être décelées *in situ* chez les animaux. Voici des observations nouvelles concernant la présence de certains Vers parasites chez quelques animaux.

I. *Pleurésie vermineuse du Hérisson.* — A l'autopsie d'un Hérisson provenant des environs de Montpellier, j'ai constaté la fluorescence rouge du contenu pleural où grouillaient des larves de Cestodes. M. Joyeux, à qui j'envoyai ces larves, les identifia à des *Tetrathyridium* sp.? Rud déjà rencontrées par lui dans le péritoine de quelques Hérissons de Tunisie (2). La faible quantité de liquide pleural m'a seulement permis de constater que la fluorescence rouge était due à une porphyrine soluble dans l'éther acidulé par l'acide acétique, d'où la fluorescence passe dans une solution diluée d'acide chlorhydrique (coproporphyrine ou protoporphyrine).

II. *Ladrerie du Porc.* — J'ai eu récemment l'occasion d'observer des organes (langue, muscles, cœur), riches en Cysticerques de *Tænia solium*.

---

(1) E. Derrien, *Sur quelques faits nouveaux pour l'histoire naturelle des porphyrines animales* (*C. R. Soc. Biol.*, 1924, **91**, p. 634).

(2) Ch. Joyeux, *Ann. de Parasitologie*, 5, 1927, p. 33, note I.

En lumière ultraparaviolette, sur le fond sombre de la viande, les Cysticerques s'illuminent d'une forte fluorescence rouge.

Les Cysticerques traités soit par l'éther acidulé par l'acide acétique, soit par la pyridine, m'ont fourni des solutions fluorescentes en rouge, où j'ai pu caractériser spectrométriquement la présence de protoporphyrine. On sait que cette porphyrine se produit dans l'autolyse du muscle; peut-être est-ce là l'origine de la porphyrine des Cysticerques où elle existerait soit à l'état libre soit à l'état de dérivés métalliques fluorescents. La ladrerie du Porc est devenue rare. Un ou deux cas par an à Montpellier. Je me propose d'utiliser les cas prochains de façon à compléter mes observations (notamment étude de l'urine et des os).

III. *Utilité pratique.* — Inutile pour la recherche de la ladrerie du Porc, la fluoroscopie pourrait peut-être servir, dans certains cas, à la recherche de la ladrerie des viandes de Bœuf, si, comme il est probable, les Cysticerques de *T. saginata* se comportent comme ceux de *T. solium.* La question est à étudier pour d'autres parasitoses (trichinose? etc.) (1).

IV. *Intérêt biologique.* — La biologie des porphyrines naturelles n'est encore qu'un ensemble peu cohérent de problèmes complexes (2). Peut-on rapprocher la fluorescence des Cysticerques de celle des embryons de certains Mammifères ou au moins de leur liquide amniotique ? Dans les deux cas les porphyrines pourraient servir à certains échanges métalliques entre l'hôte et le parasite.

L'examen fluoroscopique de la viande de Porc ladre montre, en outre, à côté des Cysticerques, de petits grains, inaperçus en lumière ordinaire, dont la fluorescence rouge paraît plus accentuée et qui se trouvent être des Cysticerques avortés et calcifiés. On sait que la ladrerie du Porc guérit habituellement par calcification des Cysticerques. Les porphyrines joueraient-elles un rôle dans ce phénomène ainsi que mes observations antérieures (formation de la coquille d'œuf de Poule, ossification du squelette de jeunes Mammifères etc.) m'avaient fait poser la question ?

---

(1) L'utilité de la fluoroscopie pour déceler certaines lésions parasitaires a déjà été indiquée. J'ai montré, en effet (*C. R. Soc. Biol.*, 91, 1924, p. 636), que, chez l'Homme, l'examen fluoroscopique de la bouche signale, chez certains individus, dans les dents, des points à fluorescence rouge dus à la présence de certaine association porphyrinogène de microbes anaérobies et où il est commode de faire des prélèvements pour obtenir des cultures de ces parasites.

(2) E. Derrien, *Bulletin de la Société de Chimie biologique*, 8, 1926, p. 218.

TOXICOLOGIE. — *Dosage sur place des traces de peroxyde d'azote dans l'air.* Note (1) de M. E. **Kohn-Abrest**, présentée par M. d'Arsonval.

La recherche des vapeurs nitreuses (notamment du peroxyde d'azote) dans l'air est, en général, un problème important d'hygiène industrielle ou professionnelle, et qui ne doit pas être négligé lorsqu'il s'agit du contrôle de la salubrité de l'air des ateliers, dont j'ai donné les règles (2).

Il importe que la recherche et le dosage des vapeurs nitreuses soient effectués sur place, par des moyens simples et rapides.

Les procédés généralement indiqués prêtent à des critiques.

Ainsi le procédé de Lympe et Berl (3) (agitation de l'air avec de l'eau et titrage de l'acidité du liquide) laisse échapper une proportion importante de vapeurs nitreuses. Le procédé de fixation des vapeurs nitreuses par agitation de l'air avec une solution diluée *d'eau oxygénée* et titrage, après 24 heures, des nitrates formés à l'état de *nitrate de nitron*, préconisé par Lehmann et Hasevaga m'a paru trop lent. D'autre part, le nitron est un réactif infidèle; en liqueur trop diluée, il risque de ne pas précipiter l'acide nitrique; en liqueur trop concentrée, il donne des précipités avec d'autres acides : parfois même, il précipite tout seul.

L'action des vapeurs nitreuses *sur l'iodure de potassium* en milieu acide, préconisé par Lehmann (4) est souvent irrégulière et les résultats du dosage de l'iode mis en liberté sont d'une interprétation bien incertaine (5).

La fixation bien connue des vapeurs nitreuses par un alcali m'a semblé le moyen le plus rapide et le plus efficace. Lorsqu'il s'agit de faibles quantités de AzO^2 dans l'air, la réaction :

$$2AzO^2 + 2NaOH = AzO^3Na + AzO^2Na + H^2O$$

est très sensiblement exacte (6).

(1) Séance du 7 février 1927.

(2) E. Kohn-Abrest, *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 1019; *Technique sanitaire et municipale*, 1re série, **12**, 1919, p. 80; *Première Réunion Internationale pour l'hygiène du Travail*, Genève, 1924; *Annales d'Hygiène publique et sociale*, Paris, 1925, **1**, p. 90; *Hygiène du Travail*, Genève, 1926, fasc. **69**, p. 1.

(3) *Zeitschrift für ang. Chemie*, 1906, p. 807, 857, 881.

(4) *Loc. cit.*

(5) D'après Lehmann tout se passe finalement comme si 4^{mol} de peroxyde d'azote mettaient en liberté 4^{mol} d'iode.

(6) Les intéressantes observations de Saufourche (*Annales de Chimie*, **1**, 1924, p. 12) au sujet de cette réaction ne paraissent pas s'appliquer dans les conditions susvisées.

On dose le nitrate formé par le permanganate, dont l'action est suffisamment rapide à froid en milieu acide et se trouve facilitée par une légère agitation.

Détails. — L'air est prélevé par aspiration directe dans un flacon d'une capacité de 4^l à bouchage en verre bitubulé à robinets et où règne le vide. On vérifie à l'aide d'un manomètre de poche l'état du vide préalable, puis le remplissage du flacon de manière qu'il y reste une légère dépression. On y fait alors pénétrer par l'une des tubulures 10^{cm^3} de liqueur NaOH $\frac{N}{10}$ diluée dans 50^{cm^3} d'eau. Après agitation pendant 5 minutes, puis prélèvement du liquide, filtré s'il y a lieu, on effectue sur 30^{cm^3} (la moitié) le titrage au permanganate $\frac{N}{10}$. A cet effet, la prise d'essai (30^{cm^3}) E est d'abord introduite dans une fiole bouchée, à émeri, additionnée de 3^{cm^3} d'acide sulfurique dilué au $\frac{1}{5}$ (1^{vol} acide, 4^{vol} eau) et 25^{cm^3} d'eau distillée.

Pour le titrage, ajouter la liqueur de permanganate goutte à goutte; après chaque addition, boucher la fiole et agiter légèrement.

Au début, la décoloration est presque instantanée, vers la fin, la teinte rose persiste pendant 1 ou 2 minutes. Elle doit persister pendant plus de 3 minutes.

1^{cm^3} de liqueur $KMnO^4$ $\frac{N}{10}$ équivaut à $0^g,00235$ de AzO^2H, c'est-à-dire à $0^g,0046$ AzO^2 (¹).

Soit donc n centimètres cubes de liqueur permanganique, employés pour 30^{cm^3} de liquide E (²). La teneur en peroxyde d'azote en milligrammes par litre d'air est alors donnée par la relation

$$\frac{n \times 2 \times 4,6}{4} \quad \text{ou} \quad 2,3\,n.$$

On pourra déterminer au laboratoire la teneur en nitrates du liquide oxydé par le permanganate, afin d'écarter toute cause d'erreur due à la présence éventuelle de l'ozone ou, au contraire, de certains gaz réducteurs (SO^2, H^2S). A cet effet, le liquide est neutralisé par de la soude évaporée à sec, le résidu repris par l'acide sulfurique. Le dernier liquide ainsi obtenu est alors agité avec du mercure en vue de dégager, puis de mesurer le bioxyde d'azote, selon le procédé de Lunge dont j'ai publié dernièrement avec M. Kawakibi diverses modifications (³).

Ce procédé permettra entre autres applications de déterminer si réelle-

---

(¹) Voir l'équation au début de la Note.

(²) Rappelons que $E = 0^{vol},5$ du liquide susindiqué, ayant absorbé AzO^2 de 4^l d'air.

(³) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 522.

ment il y a lieu de craindre la production de vapeurs nitreuses dans l'atmosphère des cliniques pour traitement *aux rayons ultraviolets*.

Une première recherche de vapeurs nitreuses effectuée dans une petite pièce après fonctionnement pendant 30 minutes d'une lampe en quartz (de George) m'a conduit à des résultats négatifs. L'odeur perçue dans ces conditions paraît donc uniquement due à des traces d'ozone.

PATHOLOGIE. — *La pathogénie de l'urémie.* Note [1] de MM. **Léon Blum** et **D. Broun**, transmise par M. Widal.

Après avoir constaté que l'ingestion de chlorure de sodium peut déterminer chez des néphrétiques présentant de la rétention chlorée sèche des accidents que l'on est habitué à considérer comme urémiques, tels que l'anorexie, les vomissements, la céphalée, l'insommie, l'agitation, la prostration, nous avons recherché si la rétention chlorée sèche joue un rôle dans la pathogénie de l'intoxication urémique.

On sait que l'on désigne sous le nom de rétention chlorée sèche une rétention de chlore qui n'est pas accompagnée de rétention d'eau. Nous avons montré que cette absence d'hydratation est la conséquence du défaut d'une rétention proportionnée de sodium, et que cette rétention chlorée est essentiellement tissulaire, alors que la rétention chlorée hydratante, qu'on devrait plutôt appeler rétention chlorosodique, est avant tout humorale.

Chez les urémiques l'examen du sang ne revèle pas les stigmates de la rétention chlorée sèche que nous avons décrits : l'hyperchlorémie y fait souvent place à une hypochlorémie, la diminution du taux de la natrémie peut même faire défaut.

Nous nous sommes adressés à l'examen des organes qui sont le siège principal de la rétention chlorée sèche. Nous y avons déterminé l'eau, le chlore et le sodium, en nous servant pour ces deux minéraux d'un procédé pondéral qui permet d'éviter toute perte à l'incinération et d'éliminer toutes les impuretés qui pourraient fausser les résultats analytiques.

Dans 12 cas d'urémie nons avons observé régulièrement une rétention chlorée sèche : toujours il y a augmention du chlore dans les tissus. Cette

---

(1) Séance du 14 février 1927.

augmentation est souvent considérable et atteint pour certains organes des chiffres jusqu'à 5 à 7 fois plus élevés que normalement.

Le sodium se comporte très différemment : son taux est nettement abaissé dans les cas de rétention chlorée sèche pure.

La rétention chorée sèche est très inégale pour les différents organes; *seule la rétention chlorée du système nerveux central est constante et toujours élevée.* La rétention est particulièrement forte dans la substance cérébrale grise, qui renferme dans tous les cas examinés les quantités les plus considérables de chlore. Nous y avons trouvé des chiffres de 9 à 14^g au lieu du chiffre normal de 2^g (par 1000^g de substance sèche).

La rétention chlorée sèche accuse ainsi dans l'urémie une prédilection marquée pour le système nerveux et surtout pour sa partie la plus différenciée qu'est la substance grise.

L'importance des changements de la teneur en chlore et en sodium des organes se manifeste nettement dans le rapport Na : Cl; ce rapport, qui varie chez des sujets non urémiques entre 9 et 13 pour la substance grise, tombe jusqu'à 2 et même au-dessous dans l'urémie.

Il est évident que des changements aussi marqués, en bouleversant complètement l'édifice minéral et les rapports entre bases et acides d'un organe, entraînent une modification profonde des colloïdes cellulaires. Ils sont d'un tel ordre de grandeur qu'ils suffisent pour expliquer les troubles fonctionnels de l'urémie qui sont en première ligne de nature nerveuse.

On pourrait opposer à notre doctrine que l'urémie se rencontre aussi chez les brightiques œdématiés chez lesquels l'existence d'une rétention chlorée sèche semble exclue. En réalité la présence d'œdèmes n'exclut pas la présence d'une rétention chlorée sèche; il s'agit dans ces cas de rétentions chlorées mixtes où la rétention hydratante, nettement humorale, peut coexister avec une rétention sèche, qui, elle, est tissulaire. Chez trois urémiques avec œdèmes, nous avons retrouvé la rétention chlorée sèche; c'est même dans ces cas que nous avons observé les chiffres les plus élevés du chlore. La présence d'œdèmes se marque par une élévation du taux du sodium; mais par rapport à l'augmentation du chlore celle-ci est si faible que pour la substance grise le rapport Na : Cl est abaissé à 2.

On pourrait opposer à la doctrine que nous proposons l'argument qu'il s'agit d'une simple coïncidence.

Deux ordres de faits nous semblent parler contre une telle opinion :

1° Chez les brightiques avec rétention chlorée sèche ou rétention chlorée mixte, morts, non pas d'urémie, mais des suites de complications inter-

currentes, la rétention chlorée sèche ne présente pas la même intensité ni surtout cette électivité pour la substance grise.

2° Chez deux sujets urémiques, avec azotémie faible de $0^{g},6$ d'urée par litre chez l'un, de $1^{g},6$ chez l'autre, nous avons pu constater la rétention chlorée sèche du système nerveux central et en particulier de la substance grise.

Notre théorie permet ainsi d'englober tous les cas d'urémie, même ceux où l'azotémie est faible ou absente.

Ces constatations d'un changement profond de la composition chimique des tissus nerveux au cours de l'urémie nous semblent avoir une portée plus générale, qui dépasse la question de l'urémie.

1° Elles montrent l'importance qu'il y a lieu d'attribuer aux changements que subissent des éléments aussi répandus que le chlore et le sodium, et le rôle que ces changements peuvent jouer dans les processus pathologiques qui ne semblent avoir aucun rapport avec ces minéraux.

2° Elles montrent que des symptômes nerveux dont l'origine a jusqu'à présent échappé à nos examens reposent sur des modifications accessibles à nos investigations. Elles ouvrent ainsi une voie nouvelle aux recherches sur la genèse de certaines affections du système nerveux où les méthodes employées jusqu'ici se sont montrées insuffisantes.

La séance est levée à $16^{h}15^{m}$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1927.

Chemiker-Zeitung, 29 décembre 1926 (numéro spécial du cinquantenaire de cette publication). Cöthen (Anhalt), Otto von Halem, 1926; 1 fasc. 34^{cm}.

Scientific Papers, by the late SHIZUWO SANO. Tokio, Iwanami Schoten, 1926; 1 vol. 22^{cm},5.

Projet de règles internationales urgentes pour empêcher tout risque d'abordages en brume, entre des escadres ou des convois, ou entre des bâtiments à moteurs naviguant isolément, par F.-E. FOURNIER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 23^{cm}.

Encyclopédie entomologique. VII : *Faune cavernicole de la France*, par RENÉ JEANNEL, Paris, Paul Lechevalier, 1926; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. Bouvier.)

Chimie et industrie, 1914-1924. *Dix ans d'efforts scientifiques, industriels et coloniaux.* Tome II. Paris, *Chimie et industrie*, 1926; 1 vol. 28^{cm}. (Présenté par M. Matignon.)

Recherches sur l'assimilation chlorophyllienne, par P.-A. DANGEARD, in *Le Botaniste*, série XIV, fasc. III-VI. Paris, 1, rue Victor-Cousin, 1926; 1 vol. 25^{cm},5.

Sur les problèmes du Giraudya, par CAMILLE SAUVAGEAU, in *Bulletin de la Station biologique d'Arcachon*, tome 24. Bordeaux, Siraudeau, 1927; 1 vol. 24^{cm}.

Sur le Fucus lutarius *et sur l'iode libre de certaines algues*, par CAMILLE SAUVAGEAU, in *Bulletin de la Station biologique d'Arcachon*, tome 24. Bordeaux, Siraudeau, 1927; 1 fasc. 24^{cm}.

Der elektrische Unfall, von STEFAN JELLINEK. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1927; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Principes élémentaires de mécanique statistique, par JOSIAH WILLARD GIBBS. Paris, J. Hermann, 1926; 1 vol. 25^{cm}.

Les fonctions holomorphes et méromorphes dans le cercle-unité, par A. BLOCH, in *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XX. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 fasc. 25^{cm},5. (Présenté par M. Hadamard.)

L'excitabilité en fonction du temps; la chronaxie, sa signification et sa mesure, par LOUIS LAPICQUE. Paris, Presses universitaires de France, 1926; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Yves Delage (1854-1920), discours prononcés à l'inauguration du monument élevé à Roscoff, formant le fascicule 5 (30 septembre 1926) des *Travaux de la Station biologique de Roscoff*. Paris, Presses universitaires de France, 1926; 1 fasc. 26^{cm}. (Présenté par M. Mesnil.)

ERRATA.

(Séance du 20 décembre 1926.)

Note de M. *Charles Prévost*, Sur un cycle fermé de réactions concernant quelques dérivés de l'érythrène :

Page 1294, avant-dernière ligne, *au lieu de* Il y a *cis*-bromuration, *lire* Il y a *trans*-bromuration; dernière ligne, *au lieu de* principe de *cis*-bromuration des *trans*, *lire* principe de *trans*-bromuration.

(Séance du 14 février 1927.)

Note de M. *P. Noaillon*, Point singulier isolé non critique d'une fonction harmonique :

Page 362, ligne 3 en remontant, *au lieu de* chacun de ces points, *lire* chacun de ces produits.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 FÉVRIER 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le regret de faire part à l'Académie du décès de son Associé étranger, **C. D. Walcott**, survenu à Washington le 9 de ce mois.

Né dans l'État de New-York en 1850, près des chutes de la rivière Trenton, Walcott trouva ses plaisirs d'enfance au pied de cette cascade en cherchant les singulières pierres, à formes de coquillages et de trilobites, que les eaux écumantes arrachaient au lit rocheux.

A l'âge de 13 ans, il en avait réuni un nombre assez grand, pour qu'elles eussent fait de lui un géologue, par l'envie qu'elles lui avaient donné de pénétrer leur mystère.

La cascade avait été la première école de Walcott. Elle fut la meilleure. Celles qu'il suivit ensuite le dirigèrent vers les affaires; il y réussit assez bien cependant pour débuter à 19 ans dans une situation d'employé de quincaillerie. Il n'y demeura que 2 ans. Le marteau de quincaillier lui faisait regretter celui du géologue. Une autre tentative commerciale, dans l'Indiana, ne le captiva pas davantage et il revint finalement aux chutes de la Trenton, s'engagea dans une ferme voisine, où pendant 5 ans il demanda au labour de la terre ses moyens d'existence, entouré de livres scientifiques et cherchant à comprendre le secret des fossiles de la cataracte.

C'est là que notre regretté confrère James Hall, le géologue officiel de l'État de New-York, qui s'y connaissait bien en hommes et aimait assez les jeunes pour avoir fondé, près notre Compagnie, un prix à leur intention, découvrit un jour Walcott à l'œuvre et lui offrit de le suivre comme préparateur.

Il remplissait encore ces fonctions le jour où devisant au bord de la Trenton, il me confiait en même temps que ses premières découvertes scientifiques, ses dernières hésitations entre la carrière des affaires et le monde des Trilobites. Heureusement pour nous, il opta pour ce dernier, qui, selon son caractère, le paya beaucoup mieux.

La science, qui l'avait pris enfant, voulait l'homme sans partage, aussi bien l'homme d'affaires qui sommeillait en lui que l'homme d'études qui se révélait; elle le voulait tout entier, parce que sa destinée était de devenir à la fois un grand savant et un grand administrateur.

Il débuta à 26 ans dans l'arène scientifique par la description des trilobites de sa collection. Les êtres de cette classe, répandus dans tous les pays du monde, étudiés sous toutes les latitudes par d'innombrables savants, comme les plus énigmatiques et les plus élevés en organisation des premiers âges, n'étaient connus que par leurs carapaces, débris insuffisants pour un classement rationnel. Walcott fut assez avisé pour reconstituer ses trilobites, au moyen de coupes minces, et pour dévoiler l'existence de leurs pattes, de leurs antennes, de leurs branchies et tout le détail de leur organisation interne. Il lui fut ainsi permis de les classer comme un type primitif différent des crustacés, et représentant une branche distincte d'une souche ancienne, évoluant parallèlement aux autres groupes de cette classe.

Ce premier essai de Walcott, où il apprit à la paléontologie et établit de si élégante façon ce qu'étaient les Trilobites, le rangea d'emblée parmi les paléontologistes en renom.

Appelé à collaborer au service géologique de son pays, il va se livrer pendant des années à l'exploration de régions étendues de l'Utah, du grand Cañon du Colorado, et de la Nevada; elles lui fournirent les éléments d'importantes monographies géologiques, et les fondements de sa réputation.

Sa haute compétence dans la connaissance des faunes les plus anciennes le fit bientôt désigner comme le chef du service paléontologique américain, et tous les fossiles recueillis par les explorateurs lui passent par les mains. Les plus anciens lui paraissent les moins connus, il s'y attache d'une façon spéciale.

Les savants qui recherchent dans les temps géologiques les origines de la vie et ses premières manifestations poursuivent une tâche ardue, dont il serait superflu de louer en cette enceinte la portée et l'intérêt philosophiques. C'est une voie où l'un de nos compatriotes, le regretté Barrande, s'est illustré à son heure, en découvrant en Bohême une *faune* dite par lui *primordiale*, faune reconnue depuis sur toute la terre et où n'étaient repré-

sentés que de rares témoins de quelques ordres inférieurs. Cette faune ancienne à *Paradoxides* fournit les meilleures bases positives de nos dissertations sur l'apparition des premiers êtres jusqu'au jour où une autre faune, plus ancienne, fut signalée dans le Nord de l'Amérique par Walcott, *faune plus primordiale, à Olenellus*, où les trilobites présentent des formes primitives. Il en suivit les gisements en Amérique, depuis l'Arizona jusqu'à Terre-Neuve.

Quand il eut ainsi fixé, par des observations précises, la haute antiquité de cette époque, Walcott fit connaître les caractères de sa faune, et dans une longue série d'études monographiques il sut faire admirer à la fois la richesse inattendue de la vie en ces temps reculés et le talent du pionnier, pénétrant le premier dans ce monde si ancien, parmi des êtres et des familles auparavant ignorés des hommes.

Graduellement Walcott était devenu le savant qui connaissait le mieux les premières formes vivantes apparues sur la terre; nul n'en avait découvert, baptisé, classé un nombre comparable. Il lui était devenu possible d'écrire une histoire de la vie à ses débuts, d'après des documents entièrement originaux. Craignant toutefois que le témoignage de tant de nouveaux gisements américains pût être taxé de partialité, il tint à appuyer ses conclusions par l'étude des formes d'Europe et des Indes, et une mission qu'il dirigea en Chine, à cet effet, lui permit de représenter les plus anciens habitants de cette contrée peu hospitalière.

L'étude de la répartition des êtres dans l'épaisseur du Cambrien, et de leur distribution horizontale dans l'espace lui ouvrit un autre enseignement concernant l'histoire du globe terrestre. Les trois premières faunes connues des savants s'étaient succédé dans un même ordre sur toute la terre mais elles présentaient des caractères propres en deux provinces qu'il put dilimiter. Il établissait ainsi que, dès l'époque cambrienne, avaient coexisté des provinces zoologiques soumises à des conditions physiques et climatériques distinctes. Ces observations fondamentales pour l'histoire du développement de la vie apportaient des données utiles à la connaissance des transformations du globe même, au cours des âges.

En même temps que Walcott servait la science, de si noble façon, l'homme d'affaires qui vivait en lui agissait de son côté et faisait apprécier de telle sorte, des intéressés, les services géologiques, topographiques et hydrologiques, passés sous sa direction, que les pouvoirs publics étaient arrivés progressivement à tripler leur budget annuel, porté à 1 700 000 $. Les États-Unis mettaient ainsi entre ses mains le plus puissant instrument

qui ait été en aucun temps à la disposition d'un savant, pour travailler au progrès d'une branche de la science où il avait brillé : les Bibliothèques du monde entier durent bientôt suivre le mouvement et multiplier leurs rayons pour classer l'immense production des Services géologiques libéralement mise à leur disposition par le gouvernement américain.

Walcott employait si habilement ses crédits que son pays, voulant lui en donner un témoignage, lui demanda d'abandonner un service qui fonctionnait si bien, pour devenir le conseiller attitré de toutes les branches de l'activité nationale, en quête du mieux-faire.

Secrétaire, puis Président de l'Institut Carnegie, Conseil puis Secrétaire chef du Service exécutif de l'Institution Smithsonienne « créée pour le développement et la diffusion du savoir parmi les hommes », Walcott assume la direction des musées américains nationaux sciences et arts, du bureau des échanges internationaux, de celui d'Ethnologie, du parc Zoologique national, de l'observatoire d'astronomie physique, du catalogue international des publications scientifiques et du laboratoire d'aérodynamique fondé par Langley, son prédécesseur. A ces titres, il organise des laboratoires de géophysique, entretient des observatoires, construit des avions, classe des musées, complète des collections, distribue des livres, remplit des bibliothèques des publications de ses collaborateurs, équipe des missions scientifiques en Amérique, en Chine, en Afrique, telle l'expédition fameuse de Théodore Roosevelt.

Dans le pays des millionnaires, Walcott faisait marcher les millions au service de la science pure.

Ni le poids des responsabilités, ni le souci des honneurs qui lui arrivaient de toutes parts, ne parvenaient cependant à le distraire de sa fidélité aux êtres des temps cambriens.

Aucune des nombreuses explorations organisées par la Smithsonienne, sous son administration, n'eut de résultats comparables à celles qu'il conduisit personnellement dans les montagnes glacées de la Colombie anglaise et de l'Alberta. La rencontre accidentelle, faite par lui, d'un beau fossile cambrien, l'avait décidé à entreprendre l'étude de cette partie peu abordable des Montagnes Rocheuses.

Aidé de ses deux fils, il explora patiemment, couche par couche, les pentes sauvages de ces sommets alpestres. Mme Walcott l'accompagnait dans ses campements. Enfin, après des mois de recherche, il découvrait le gisement du fossile qui l'avait attiré. Il se trouvait dans un lit mince de schiste siliceux fin, de structure si favorable à la fossilisation, que les pétri-

fications s'y présentaient avec la fraîcheur d'animaux morts de la veille, montrant parfois même leurs parties molles encore reconnaissables. Walcott avait réalisé ce rêve paradoxal de trouver les restes les plus frais, ou peu s'en faut, dans les formations les plus anciennes, connues. Pendant plusieurs campagnes il exploita ce gisement, fixant sa place, dans la série cambrienne, entre d'autres lits fossilifères. Les résultats de ces découvertes, faites à Burgess, furent figurés par ses soins en 5 Mémoires différents. Le nombre des formes nouvelles décrites et l'état merveilleux de leur préservation permettaient l'analyse la plus fine et étendaient d'une façon inespérée les connaissances sur les faunes primitives.

Nul n'a contribué plus que lui à dévoiler le développement de la vie à ses débuts, et sa variété dès les temps les plus reculés accessibles à nos investigations.

De Trenton à Burgess, le sillon qu'il avait ouvert près de la cascade était resté droit et profond; à Burgess, où il avait ressuscité tant de morts oubliés, Walcott se dit arrivé dans le Paradis du géologue.

Walcott travaillait dans ce Paradis, quand éclata la grande guerre : elle imposait d'autres devoirs au Président du Comité National de l'Aéronautique. Ses deux fils étaient aviateurs. Sa fille unique se fait infirmière en France. Charles, l'aîné de ses fils, vole au front, fait flotter dans le ciel de Verdun nos trois couleurs, jusqu'au jour où son avion de chasse, fatigué de vaincre, est touché à son tour et tombe, pour ne plus se relever, dans les lignes allemandes. Aux gloires de ses Montagnes Rocheuses, Charles Walcott avait préféré prendre, pour toujours, la garde sur le plateau de Verdun.

Tous les savants doivent de la reconnaissance à Walcott pour l'éminence des services rendus à la science, les savants français lui doivent plus encore.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Sir **Almroth Wright**, qui assiste à la séance.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Recherches sur la dégradation de la cellulose dans le sol.* Note (¹) de M. **S. Winogradsky**.

En résumant l'état actuel de la question, on peut dire que l'on connaît plusieurs agents microbiens capables de détruire la cellulose, mais qu'on ne

(¹) Séance du 21 février 1927.

possède aucune idée précise sur les processus qui dominent dans le sol. On leur a attribué généralement les caractères de ceux qu'on a réussi à isoler et à reproduire expérimentalement. Ainsi, la fermentation anaérobie (dont on a étudié quatre cas) ayant attiré de bonne heure les recherches, c'est vers elle que les idées se sont portées en premier lieu. Pourtant, il est clair que ce phénomène n'est lié qu'à des conditions spéciales qu'on trouve réalisées, par exemple, dans les marais, les tas de fumier, le canal digestif des animaux, mais non à la surface d'une terre saine, où se déposent ou s'enfouissent les matières du squelette végétal.

Un phénomène aérobie s'est imposé ensuite depuis longtemps, provoqué par les champignons, ce qui a rendu probable une activité du même genre au sein du sol, sans toutefois la démontrer.

Bacilles anaérobies d'un côté, champignons de l'autre, si différents qu'ils soient dans leur action, aboutissent, comme on le sait, au même résultat qui est la destruction complète de la cellulose; et ce résultat a conduit à considérer la dégradation de ce corps sous le même point de vue, que celle des corps éminemment fermentescibles, tels que saccharides, peptides et autres, lesquels, minéralisés rapidement dans le sol, n'y laissent aucune matière quelque peu stable, sauf la part de carbone ou d'azote que leur empruntent les microbes. Or des considérations d'ordre général ne permettent pas d'accepter cette conclusion, du moins avant qu'une étude plus étendue de la dégradation *aérobie* de la cellulose ne soit faite.

C'est qu'une lacune subsiste depuis des années dans nos connaissances sur les *bactéries aérobies* comme agents du processus, lacune qu'il a paru difficile de combler. Tantôt, en constatant une action énergique, on ne parvenait pas à isoler les agents (M. v. Itersohn, M. Christensen et autres); tantôt, au contraire, après avoir isolé irréprochablement un nombre d'espèces, on ne retrouvait qu'une action bien douteuse (MM. Kellerman, Mac-Beth et Scales, MM. Löhnis et Lochhead). La raison de ces incertitudes est à chercher dans la méthode de la microbiologie générale, dont le procédé ne tient pas suffisamment compte des caractères spécifiques de la population microbienne du sol.

On doit à MM. Hutchinson et Clayton d'avoir isolé, en 1919, du sol de Rothamsted un premier représentant typique du groupe des bactéries aérobies s'attaquant à la cellulose, et d'avoir démontré sa nature spécifique [1].

---

[1] *On the decomposition of Cellulose by an aerobic organism* (Spirochæta Cytophaga, *n. sp.*) (*The Journal of Agricultural Science*, 9, 1919, p. 143-173).

Mais aucune tentative n'a été faite depuis d'étendre les recherches au groupe entier, en élaborant une méthode générale appropriée au but.

En poursuivant nos études sur le sujet (¹), nous avons trouvé le procédé employé pour isoler le microbe des auteurs anglais bien applicable à tous ses congénères : le silico-gel imprégné de sels minéraux, pourvu d'azote sous forme de nitrate, à réaction neutre ($pH = 7{,}0$), portant étalé sur sa surface, et bien adhérent, un rond de papier à filtrer, devient donc d'un emploi général. On ne saurait remplacer ce rond par une autre matière cellulosique telle que coton, cellulose précipité, hydrocellulose, ou même par du papier réduit en pulpe, sans que le diagnostic des espèces devienne beaucoup plus difficile à établir. La marque du papier à filtrer paraît plus ou moins indifférente.

Pour s'emparer des microbes en question, il n'y a qu'à déposer des grains de terre minuscules sur ce rond ; des zones colorées commencent à se former autour d'eux dès le deuxième-quatrième jour, à 30° ; on repique en stries sur de nouveaux ronds, en ayant soin de répéter cette opération aussi souvent et autant de fois qu'il est nécessaire pour que les caractères microscopiques et macroscopiques se fixent et se transmettent sans changements.

On ne saurait trop insister sur l'utilité de partir de plusieurs échantillons de terre, d'origine différente, ce qui permet de juger de la propagation des formes bactériennes qui se présentent sur le milieu électif, soit de leur importance comme agents du sol. On a des chances aussi de trouver de cette manière les meilleures conditions pour le travail d'isolement.

En procédant ainsi, on a réussi à isoler une dizaine de formes bactériennes qu'on pourrait classer provisoirement dans deux groupes assez homogènes.

1. Le groupe *Cytophaga* (Syn. *Spirochæta Cytophaga*, Hutchinson et Clayton). Formes caractéristiques, rappelant des anguillules en miniature, droites ou sinueuses, rarement enroulées en spirale. Toutes possèdent une action éminemment fibrolytiques : le papier se transforme, aussitôt attaqué, en glaire diaphane, dont la teinte, en même temps que la taille des cellules, peut servir au diagnostic. Nous avons observé plusieurs souches produisant des glaires roses, oranges, jaunes d'œuf. Nous en maintenons en culture trois, dont les caractères restent constants.

2. Le groupe des Vibrions. Formes petites, incurvées en croissant, quelques-unes légèrement spiralées. L'action fibrolytique est beaucoup moins prononcée, mais la rapidité avec laquelle ces vibrions s'étendent sur le papier — ce qu'on peut suivre faci-

(¹) *Sur la décomposition de la cellulose dans le sol* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 691).

lement d'après la teinte qu'ils lui communiquent, — est prodigieuse. L'action de l'une des cinq souches isolées se révèle par une teinte jaune pâle, qui s'étend de pair avec l'oxydation de la matière fibreuse. Cette action ne va pas loin : gardé à l'étuve sur sa plaque pendant des mois, le rond jauni ne subit pas de destruction. Une autre souche lui ressemble sous ce rapport, tandis qu'il y en a deux qui colorent les fibres en jaune brun en les disloquant par une production abondante de glaire. Enfin, un vibrion isolé, d'une terre de sous-bois transforme le papier entièrement en une couche brune, bombée, diaphane, de la consistance d'une gélatine.

Un trait caractéristique, commun aux deux groupes, mais plus prononcé chez le premier, c'est l'autolyse générale des cellules après l'action, laquelle n'aboutit qu'à un certain degré de modification des fibres, ou plus souvent, à leur transformation en glaire. Aussitôt que les fibres, gonflées, perdent leur structure, les corps des microbes, gonflés aussi, se transforment en des *ombres*, dont les traînées, gardant encore quelque temps les contours des fibres disparues, finissent par disparaître à leur tour, en se dissolvant dans la glaire, sans même laisser de spores, ou stades de conservation, sauf quelques granules qui en assument peut-être la fonction.

Nous signalons encore deux formes bien typiques, un streptocoque et un bâtonnet court et trapu, retrouvées partout, mais dont l'action paraît être moins énergique (1).

Quant aux processus provoqués par tous ces microbes, leurs caractères généraux diffèrent essentiellement de ceux du phénomène anaérobie : aucun dégagement de gaz, aucune production d'acides gras volatils; on constate, au contraire, une alcalinisation du gel silicique par suite de l'absorption intense des ions nitriques. La cellulose est transformée, dans la plupart des cas, en une glaire soluble dans les alcalis dilués.

Il est remarquable que ce produit dispersible est beaucoup plus résistant à l'action microbienne, que le corps insoluble et si résistant aux réactifs chimiques dont il provient. Ainsi la cellulose des fibres ne tarde jamais à subir l'attaque des microbes spécifiques dans le courant de 2-4 jours à 30°; tandis qu'une couche de glaire produite par une culture issue directement du sol, sans aucune épuration préalable, ne montre aucun changement pendant des semaines dans les mêmes conditions.

Ces données sommaires laissent déjà entrevoir toute l'importance du rôle des microbes fibrolytiques dans l'économie du sol, comme *pourvoyeurs de*

(1) La morphologie de tous ces organismes sera exposée avec détails dans le Mémoire qui est en préparation.

colloïde organique aux dépens de l'énorme provision, régulièrement renouvelée, de cellulose qui tombe sous leur action.

Sans vouloir identifier les produits de leur activité à la matière organique du sol, dite humique, il n'est pas possible de nier qu'ils possèdent certains caractères saillants, attribués généralement à cette matière : état colloïdal, résistance à l'attaque microbienne, teneur en azote organique comme conséquence directe de l'autolyse, enfin, solubilité dans les alcalis étendus.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Quatre brochures de M. DIMITRI SENSAUD DE LAVAUD relatives à *la stabilité* et à *l'adhérence transversale des roues d'une voiture automobile*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème aux limites dans une bande indéfinie*. Note de **A. WEINSTEIN**.

Le mouvement irrotationnel ondulatoire (parallèle à un plan) de la forme la plus générale (embrassant à la fois les ondes périodiques et l'onde solitaire), dans un canal rectiligne à profondeur finie, se réduit par la méthode de M. Levi-Civitá en première approximation au problème suivant.

Déterminer toutes les fonctions $U(x, y)$ *harmoniques et régulières dans une bande indéfinie* S, *comprise entre les droites* $y = 0$ *et* $y = 1$ *du plan* (x, y), *qui satisfont aux limites aux conditions suivantes :*

(1) $U = 0$ pour $y = 0$; (2) $\frac{dU}{dn} = pU$ pour $y = 1$.

$\frac{dU}{dn}$ est la dérivée suivant la normale extérieure et coïncide donc (pour $y = 1$) avec $\frac{\partial U}{\partial y}$. p signifie une grandeur constante mais arbitraire.

J'ai démontré récemment dans les *Comptes rendus de l'Académie des Lincei* (février 1927) que le problème revient à l'étude d'une équation intégrale singulière, qui peut être considérée comme une généralisation remarquable de l'équation singulière, aujourd'hui classique, de M. Picard.

Nous nous proposons dans cette Note de donner l'expression générale de U sous une forme qui nous permettra de reconnaître en particulier les faits suivants :

I. *Notre problème admet des solutions bornées (uniformément dans* S) *seulement pour* $p > 1$. *Ces solutions sont (pour chaque valeur de* $p > 1$) *des fonctions périodiques de* x.

II. *Toute solution du problème, qui tend aux infinis de* S *uniformément en* y *vers zéro, est identiquement nulle.*

(Nous allons suivre la marche de démonstration de M. Bouligand qui considère les solutions $v(x, y, z)$ de $\Delta v + \omega v = 0$, nulles sur la surface d'un cylindre indéfini.)

Considérons la suite des fonctions $\varphi_n(y)$ qui satisfont sur une section quelconque de S, c'est-à-dire sur un segment $0 \leqq y \leqq 1$, pour un x quelconque à l'équation

$$\frac{d^2\varphi}{dy^2} + \lambda\varphi = 0 \tag{3}$$

(λ étant un paramètre) avec les conditions aux limites

(4) $\varphi = 0$ pour $y = 0$; $\frac{d\varphi}{dy} = p\varphi$ pour $y = 1$. (5)

Supposons d'abord que la constante p donnée soit < 1. On obtient immédiatement pour $0 \leqq y \leqq 1$ un système complet de fonctions orthogonales $\varphi_n(y)$ en posant

$$\varphi_n(y) = \sin \mu_n y \qquad (n = 1, 2, \ldots), \tag{6}$$

où μ_1, μ_2, ... sont les racines positives (en nombre infini) de l'équation

$$\mu \cot \mu = p \qquad (\mu^2 = \lambda).$$

Pour $p > 1$ il faut compléter le système (6) par la fonction

$$\varphi_0(y) = e^{\mu_0 y} - e^{-\mu_0 y},$$

μ_0 étant la solution réelle (unique au signe près) de l'équation

$$\mu \coth \mu = p \qquad (\lambda = -\mu^2).$$

Enfin pour $p = 1$, il faut (au lieu de φ_0) adjoindre au système (6) la fonction y.

Ceci posé, le théorème de Hilbert-Schmidt permet d'affirmer que la fonction inconnue $U(x, y)$ (p ayant une valeur donnée quelconque) est

dans toute section $0 \leqq y \leqq 1$ développable en série, uniformément convergente en y, de la forme

$$U(x, y) = \Sigma c_n(x)\, \varphi_n(y) \tag{7}$$

avec

$$c_n(x) = C_n \int_0^1 U(x, y)\, \varphi_n(y)\, dy. \tag{8}$$

(Les C_n sont des constantes $\neq 1$, le système des φ n'étant pas normalisé.) La sommation doit être étendue à tout le système complet des φ correspondant à la valeur de p donnée.

On peut démontrer facilement, en se servant d'un procédé élégant de M. Bouligand (qui permet d'éviter la dérivation directe des séries), que chaque coefficient c satisfait à l'équation

$$c''_n(x) - \mu_n c_n(x) = 0 \qquad (n = 1, 2, \ldots). \tag{9}$$

Dans les cas $p > 1$, on aura en outre pour c_0 l'équation

$$c''_0(x) + \mu_0^2 c_0(x) = 0. \tag{10}$$

[Enfin, dans le cas $p = 1$, un des c satisfait à $c''(x') = 0$.]

Nous pouvons donc affirmer que toutes les solutions U de notre problème sont des combinaisons linéaires en nombre fini ou infini de fonctions de la forme

$$\sin \mu_n y \cdot \begin{matrix} e^{\mu_n x} \\ e^{-\mu_n x} \end{matrix} \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

auxquelles peut s'ajouter (dans le cas $p > 1$ seulement) un terme de la forme

$$(e^{\mu_0 y} - e^{-\mu_0 y})\,[a \sin(\mu_0 x) + b \cos(\mu_0 x)]$$

[ou bien, pour $p = 1$, un terme de la forme $(ax + b)y$].

Admettons maintenant que $U(x, y)$ reste pour $\lim x = \pm\infty$ uniformément bornée. On voit alors par la formule (8) que chaque $c_n(x)$ reste borné. Ceci démontre $[c_1(x), c_2(x), \ldots,$ satisfaisant à l'équation (9)$]$ que $c_n(x)$ est $\equiv 0$ pour $n = 1, 2, \ldots$.

Il s'ensuit que la solution U (supposée bornée) se réduit pour $p \leqq 1$ à zéro, tandis que pour $p > 1$ elle est donnée par $c_0(x)\, \varphi_0(y)$ (multiplié par une constante). Ceci démontre que cette solution, vu l'équation (10), est périodique en x (voir l'énoncé I).

La même méthode conduit facilement à l'énoncé II.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'itération de la fonction exponentielle.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

L'objet de cette Note est de définir une fonction $e_n(x)$, *croissant régulièrement avec n,* et réalisant l'interpolation de l'itération de la fonction exponentielle, c'est-à-dire qu'elle doit vérifier les conditions

$$e_1(x) = e^x, \tag{1}$$

$$e_{p+q}(x) = e_p[e_q(x)]. \tag{2}$$

Nous appellerons *logarithme d'itération* de y, et désignerons par

$$\text{logit}\, y = \lambda(y)$$

le nombre n pour lequel $e_n(x) = y$; il dépend naturellement de la *base* x, mais il résulte de (2) qu'en changeant la base on ne fait qu'ajouter une constante à $\lambda(x)$.

Pour définir parfaitement $e_n(x)$, et par suite $\lambda(y)$ (à une constante près), il suffit naturellement de se donner $e_n(x)$, pour une valeur particulière de x, et pour toutes les valeurs de n compris entre 0 et 1; si la fonction ainsi choisie croît d'une manière continue de x à e^x, on en déduit aisément, en tenant compte des formules (1) et (2), la détermination complète de $e_n(x)$; cela revient d'ailleurs au même de raisonner sur $\lambda(y)$ et de se donner des valeurs croissant de $\lambda(x)$ à $\lambda(x)+1$ quand y croît de x à e^x. Si nous comparons deux déterminations différentes de ces fonctions [soit $e_n(x)$ considéré comme fonction de n, soit la fonction inverse $\lambda(y)$], elles sont égales une infinité de fois. Or une définition des fonctions à croissances régulières, pour être acceptable, doit être telle que deux fonctions à croissance régulière ne puissent pas être égales une infinité de fois, pour des valeurs de la variable indéfiniment croissantes. Parmi les modes de définition de $e_n(x)$ compatibles avec les conditions (1) et (2), il en existe donc un au plus donnant des fonctions $e_n(x)$ et $\lambda(y)$ à croissances régulières. La difficulté est de savoir, comme il s'agit de modes de croissances essentiellement nouveaux, lequel devra être considéré comme régulier.

Considérons deux suites de nombres $a, a_1, \ldots, a_p, \ldots$ et $b, \ldots, b_p, \ldots$ tels que $a_{p+1} = e^{a_p}$, $b_{p+2} = e^{b_p}$. On a évidemment

$$\lambda(b) - \lambda(a) = \lambda(b_1) - \lambda(a_1) = \ldots = \lambda(b_p) - \lambda(a_p) = \ldots, \tag{3}$$

et il est bien naturel, comme on le fait pour des questions analogues, de définir $\lambda(b) - \lambda(a)$ par une formule asymptotique.

On obtient aisément une telle formule en supposant le problème analogue résolu pour la fonction $e^x - 1$. Si nous désignons par $\mu(y)$ le logarithme d'itération relatif à cette fonction, on démontre aisément qu'à chaque détermination possible de $\mu(y)$ on peut faire correspondre une détermination de $\lambda(y)$ définie par la formule

$$(4) \qquad \lambda(b) - \lambda(a) = \lim_{p \to \infty} [\mu(b_p) - \mu(a_p)].$$

Il s'agit donc de définir une fonction $f_n(x)$, croissant régulièrement avec n, et réalisant l'interpolation de l'itération pour $e^x - 1$, c'est-à-dire telle que

$$(5) \qquad f_1(x) = e^x - 1,$$

$$(6) \qquad f_{p+q}(x) = f_p[f_q(x)].$$

Or une telle fonction est parfaitement définie par son développement en série entière

$$(7) \qquad f_n(x) = x + \varphi_1(n)x^2 + \varphi_2(n)x^3 + \ldots,$$

où $\varphi_1(n) = \frac{n}{2}$, $\varphi_2(n) = \frac{3n^2 - n}{12}$, $\varphi_3(n) = \frac{6n^3 - 5n^2 + n}{48}$, et ainsi de suite; il suffit d'ailleurs de connaître l'expression de $\varphi_1(n)$ pour conclure que

$$(8) \qquad \mu(\beta) - \mu(\alpha) = \lim_{p \to -\infty} \frac{2(\beta_p - \alpha_p)}{\alpha_p^2},$$

les α_p et β_p étant définis par les conditions $\alpha_0 = \alpha$, $\beta_0 = \beta$, $\alpha_{p+1} = e^{\alpha_p} - 1$, $\beta_{p+1} = e^{\beta_p} - 1$.

On peut objecter à la théorie qui précède qu'ayant défini $f_n(x)$ par une condition de régularité qui a un sens précis pour x infiniment petit, on admet pour passer de $f_n(x)$ à $e_n(x)$ que cette fonction est encore régulière pour les valeurs de x infiniment grandes. La nature analytique de la fonction $e^x - 1$ fait penser qu'en effet l'interpolation de l'itération peut pour cette fonction être réalisée d'une manière régulière de zéro à l'infini. En tout cas nous pensons que d'avoir pu, parmi les définitions possibles de $e_n(x)$, en distinguer une par une condition qui paraît assez naturelle, est un résultat qui mérite d'être signalé, et qu'au point de vue axiomatique, on peut adopter provisoirement cette définition, le développement de la théorie devant montrer si elle vérifie bien toutes les conditions qu'il est naturel

d'imposer à la notion de fonction à croissance régulière et si elle est seule à vérifier ces conditions.

D'ailleurs, si l'on peut considérer cette fonction comme une fonction régulière de l'indice n, les fonctions $z = e_{n+p}(x)$ et $y = e_n(x)$ sont des fonctions régulières de n, d'où l'on déduit que $z = e_p(y)$ est une fonction régulière de y. La régularité par rapport à l'indice entraîne donc la régularité par rapport à l'argument, et $e_x(x)$ apparaît comme étant aussi une fonction régulière.

Remarquons enfin que le procédé indiqué s'applique sans modification essentielle à n'importe quelle fonction à croissance régulière; je préciserai cette extension dans une autre Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des séries lacunaires.* Note [1] de M. G. **Pólya**, présentée par M. Hadamard.

M. Mandelbrojt vient de publier des résultats intéressants sur les singularités des séries lacunaires [2]. Je vais généraliser deux de ses théorèmes [3].

1. On dit que les coefficients $a_m, a_{m+1}, a_{m+2}, \ldots, a_{m+l+1}$ de la série

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots \tag{1}$$

forment une lacune de largeur l si $a_{m+1} = a_{m+2} = \ldots = a_{m+l} = 0$ tandis que $a_m \neq 0$, $a_{m+l+1} \neq 0$. On dit que la série est lacunaire si elle contient des lacunes de largeur arbitrairement grande. Soient $P(z), P_1(z), \ldots, P_k(z)$ des polynomes; si la série (1) est lacunaire, la série représentant

$$P(z)f(z) + P_1(z)f'(z) + P_2(z)f''(z) + \ldots + P_k(z)f^{(k)}(z) \tag{2}$$

l'est également. Donc une série satisfaisant à une équation différentielle linéaire à coefficients rationnels n'est jamais lacunaire. En combinant la simple remarque relative à (2) que je viens d'énoncer avec certaines expressions asymptotiques connues [4] on démontre aisément qu'*une série ne peut pas être lacunaire si ses singularités sur son cercle de convergence sont de*

---

[1] Séance du 14 février 1927.

[2] Voir (aussi pour les indications bibliographiques) la deuxième édition de l'Ouvrage classique de M. Hadamard, *La série de Taylor* (par MM. Hadamard et Mandelbrojt), 1, Chap. VI.

[3] M. Ostrowski vient de généraliser d'autres théorèmes de M. Mandelbrojt (*Jahresbericht d. deutsch. Math. Ver.*, 35, 1926, p. 269-280).

[4] Voir, en particulier, O. Perron, *Sitzungsberichte München*, 1913, p. 355-382.

la même nature que celles d'une intégrale d'une équation linéaire de la classe de Fuchs. Plus précisément :

Si la fonction $f(z)$, représentée par la série (1), *est régulière pour* $|z| < 1$ *et n'a que des points singuliers algébrico-logarithmiques sur le cercle* $|z| = 1$ *on peut trouver deux entiers non négatifs p et q, un nombre positif a et un nombre réel α de manière que*

$$\text{Max}\,(|a_n|, |a_{n-1}|, |a_{n-2}|, \ldots, |a_{n-p}|) > a n^{\alpha-1} (\log n)^q$$

pour n suffisamment grand [1].

Voici un cas très particulier. Si $\varphi(z)$ est régulière dans un cercle $|z| < R$ où $R > 1$, $|z_1| = |z_2| = \ldots = |z_k| = 1$ et $s_1, s_2, \ldots, s_k$ sont des constantes quelconques, différentes de $0, -1, -2, \ldots$, la série représentant

$$(z - z_1)^{-s_1} (z - z_2)^{-s_2} \ldots (z - z_k)^{-s_k} \varphi(z)$$

n'est pas lacunaire. M. Mandelbrojt, tout en supposant que $s_1, s_2, \ldots, s_k$ sont des fractions rationnelles positives de dénominateur commun $g + 1$, n'a pas prouvé que la série en question n'est pas lacunaire (sauf pour $g = 0$) mais seulement qu'elle ne contient pas des lacunes très grandes, croissant d'une manière déterminée par g [2].

2. *Admettons que la suite* $0, 1, 2, 3, \ldots$ *est partagée en deux suites partielles illimitées, complémentaires l'une de l'autre,* $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots$ *et* $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \ldots$ *et que les deux séries*

$$\varphi(z) = a_1 z^{\lambda_1} + a_2 z^{\lambda_2} + a_3 z^{\lambda_3} + \ldots \quad \text{et} \quad \psi(z) = b_1 z^{\mu_1} + b_2 z^{\mu_2} + b_3 z^{\mu_3} + \ldots$$

possèdent le même rayon de convergence égal à 1. *Alors ou bien l'une des deux séries a plus d'un point singulier sur le cercle de convergence ou bien l'autre n'y a aucun pôle.*

Cet énoncé est un peu plus complet qu'un théorème de M. Mandelbrojt qui ne considère que des pôles dont la partie principale se réduit à un seul terme [3].

---

(1) On dit que la fonction $f(z)$ a au point z_0 une singularité algébrico-logarithmique, si elle peut être représentée dans un cercle C de centre Z_0 par une somme de termes en nombre limité ayant la forme $(z - z_0)^s [\log(z - z_0)]^q \varphi(z)$, où s est une constante quelconque, q un entier non négatif et $\varphi(z)$ régulière dans C.

La démonstration du théorème énoncé diffère peu de celle que j'ai donnée auparavant (*Journal de Crelle*, **151**, 1921, p. 24-26) pour le cas particulier le plus simple, où $f(z)$ est une fonction rationnelle.

(2) Voir *La série de Taylor*, **1**, p. 96, et Ostrowski, *loc. cit.*, p. 271.

(3) Voir *La série de Taylor*, **1**, p. 99. A la ligne 3, *au lieu de* contenus *lire* non contenus.

Pour le démontrer on n'a qu'à ajouter à la démonstration intéressante de M. Mandelbrojt une remarque simple concernant le théorème de M. Hadamard sur l'opération $H(\varphi, f)$.

LEMME. — *Si la série* $f(z) = B_0 + B_1 z + B_2 z^2 + \ldots$ *représente une fonction qui n'a qu'un point singulier dans tout le plan, à savoir un pôle au point* $z = 1$, *les deux séries*

$$\varphi(z) = A_0 + A_1 z + A_2 z^2 + \ldots \qquad et \qquad H(\varphi, f) = A_0 B_0 + A_1 B_1 z + A_2 B_2 z^2 + \ldots$$

ont les mêmes points singuliers, excepté peut-être pour $z = 0$ *et* $z = \infty$.

On peut supposer, sans nuire à la généralité, que $f(z)$ est régulière et s'annule au point $z = \infty$ et écrire [1]

$$f(z) = c_0 \frac{1}{1-z} + c_1 z \frac{d}{dz} \frac{1}{1-z} + \ldots + c_p \left(z \frac{d}{dz}\right)^p \frac{1}{1-z},$$
$$H(\varphi, f) = c_0 \varphi(z) + c_1 z \frac{d\varphi(z)}{dz} + \ldots + c_p \left(z \frac{d}{dz}\right)^p \varphi(z).$$

Il est clair que $H(\varphi, f)$ est partout régulière où φ l'est. Inversement, considérons $H(\varphi, f)$ comme donnée; alors $\varphi(z)$ est intégrale particulière d'une équation linéaire à second membre $[= H(\varphi, f)]$ et peut être comme telle exprimée par $H(\varphi, f)$ à l'aide des formules classiques qui rendent le lemme évident. (On peut aussi se servir du théorème d'existence des intégrales.)

Supposons maintenant, par impossible, que $z = 1$ est un pôle pour $\psi(z)$ et l'unique point singulier de $\varphi(z)$ sur le cercle $|z| = 1$. Posons

$$\psi(z) = f(z) - \chi(z),$$

$f(z)$ ayant la nature précisée dans le lemme et $\chi(z)$ étant régulière au point 1. Nous avons, en vertu de l'hypothèse sur les λ_m et les μ_m,

$$H(\varphi, f) = H(\varphi, \chi).$$

Le point 1 est singulier pour le premier membre en vertu du lemme. Il n'est pas singulier pour le membre droit qui, en vertu du théorème en question de M. Hadamard, ne peut avoir d'autres points singuliers sur le cercle $|z| = 1$ que ceux de $\chi(z)$. Cette contradiction démontre le théorème. J'ajoute que l'énoncé que je viens de démontrer reste vrai si l'on y remplace le mot *pôle* par *point algébrico-logarithmique* ou par *point singulier isolé autour duquel la fonction reste uniforme*.

---

(1) E. BOREL, *Bulletin de la Société mathématique de France*, 26, 1898, p. 242.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe d'équations fonctionnelles.* Note de M. **D. V. Jonesco**, présentée par M. Goursat.

J'ai étudié les problèmes classiques de Darboux-Picard, de Cauchy, de M. Picard et de M. Goursat relativement à l'équation aux dérivées partielles du second ordre à caractéristiques réelles, pour l'équation fonctionnelle

$$(\mathrm{I})\quad \frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y} = a_1(x,y)z_1 + b_1(x,y)\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_1 + c_1(x,y)\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_1 + a_2(x,y)z_2 + b_2(x,y)\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_2 + c_2(x,y)\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_2 + f(x,y),$$

où

$$z_h = z(\omega_h, \pi_h);\qquad \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_h = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_{\substack{x=\omega_h\\ y=\pi_h}};\qquad \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_h = \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_{\substack{x=\omega_h\\ y=\pi_h}}\qquad (h=1, 2),$$

$\omega_1(x, y), \ldots, \pi_2(x, y)$ étant des fonctions connues de x et y, et je vais indiquer les résultats que j'ai obtenus. Les fonctions $a_1(x, y), \ldots, c_2(x, y)$, $f(x, y)$, $\omega_1(x, y), \ldots, \pi_2(x, y)$ sont toutes continues.

1. En supposant que dans le rectangle R, défini par les inégalités

$$-d \leqq x \leqq d,\qquad -d' \leqq y \leqq d',$$

les fonctions $\omega_1(x, y), \ldots, \pi_2(x, y)$ satisfont aux inégalités

$$|\omega_h(x,y)| \leqq |x|,\qquad |\pi_h(x,y)| \leqq |y| \quad (h=1, 2),$$

j'ai démontré que l'équation (I) admet une solution régulière, unique, prenant des valeurs données sur les portions des axes Ox, Oy, comprises dans le rectangle R. Cette solution est valable dans tout le rectangle R.

En posant

$$z_h = \varphi_h(x, y),\qquad \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_h = \psi_h(x, y),\qquad \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_h = \theta_h(x, y)\qquad (h=1, 2),$$

on remarque que les fonctions $\varphi_1(x, y), \ldots, \theta_2(x, y)$ sont déterminées par le système d'équations intégrales

$$\varphi_h(x,y) = \sum_{i=1}^{2}\int_0^{\omega_h}\int_0^{\pi_h}[a_i(s,t)\,\varphi_i(s,t) + b_i(s,t)\,\psi_i(s,t) + c_i(s,t)\,\theta_i(s,t)]\,ds\,dt + \int_0^{\omega_h}\int_0^{\pi_h} f(s,t)\,ds\,dt,$$

$$\psi_h(x,y) = \sum_{i=1}^{2}\int_0^{\pi_h}[a_i(\omega_h,t)\varphi_i(\omega_h,t) + b_i(\omega_h,t)\psi_i(\omega_h,t) + c_i(\omega_h,t)\theta_i(\omega_h,t)]\,dt + \int_0^{\pi_h} f(\omega_h,t)\,dt,$$

$$\theta_h(x,y) = \sum_{i=1}^{2}\int_0^{\omega_h}[a_i(s,\pi_h)\varphi_i(s,\pi_h) + b_i(s,\pi_h)\psi_i(s,\pi_h) + c_i(s,\pi_h)\theta_i(s,\pi_h)]\,ds + \int_0^{\omega_h} f(s,\pi_h)\,ds$$

$$(h=1, 2).$$

Par la méthode des approximations successives, j'ai démontré l'existence d'une solution continue, unique, de ce système, valable dans tout le rectangle R, et l'on voit alors que les fonctions $\varphi_1(x, y)$, ..., $\theta_2(x, y)$ étant déterminées, l'équation (I) se ramène à un type connu.

2. Considérons une courbe (Γ) passant par l'origine et ayant pour équation $y = \lambda(x)$ ou $x = \mu(y)$, $\lambda(x)$ et $\mu(y)$ étant des fonctions positives et continues. Supposons que, pour $0 \leq x \leq d$ et $0 \leq y \leq d'$, les points (ω_1, π_1) et (ω_2, π_2) sont à l'intérieur du rectangle formé par les axes et les parallèles aux axes menées par le point $M(x, y)$, du même côté de (Γ) que le point M. Alors on démontre que l'équation (I) admet une solution régulière unique correspondant à des conditions de Cauchy relativement à l'arc de courbe (Γ). Cette solution est valable dans la région comprise entre Ox et la courbe (Γ) pour tous les points ayant une abscisse inférieure à $\mu\left(\frac{1}{B}\right)$ et dans la région comprise entre Oy et la courbe (Γ) pour tous les points ayant une ordonnée inférieure à $\lambda\left(\frac{1}{C}\right)$; B et C sont des nombres supérieurs aux valeurs absolues de

$$b_1(x, y) + b_2(x, y) \quad \text{et} \quad c_1(x, y) + c_2(x, y),$$

lorsque x et y sont inférieurs à d et d' respectivement.

3. Par le point $M(x, y)$ menons des parallèles aux axes qui rencontrent la courbe (Γ) aux points N et P. Si l'on suppose que les points de coordonnées (ω_1, π_1) et (ω_2, π_2) se trouvent dans le triangle MNP, l'équation (I) a une solution régulière correspondant aux conditions de Cauchy relativement à l'arc de courbe (Γ), valable dans toute la région où les fonctions $a_1(x, y), \ldots, c_2(x, y), f(x, y)$ sont continues et où les hypothèses faites sur $\omega_1(x, y), \ldots, \pi_2(x, y)$ sont valables.

4. En supposant que les fonctions $\omega_1(x, y), \ldots, \pi_2(x, y)$ satisfont aux conditions du n° 2 ou 3, on démontre l'existence d'une solution régulière de l'équation (I), satisfaisant aux conditions de M. Picard relativement à l'arc de courbe (Γ) et à l'axe Ox. Avec les hypothèses du n° 2 la solution est valable dans la région comprise entre Ox et la courbe (Γ) et peut se prolonger au-dessus de (Γ) en résolvant un problème de Cauchy comme au n° 2.

Avec les hypothèses du n° 3, la solution est valable pour les points de la région comprise entre la courbe (Γ) et l'axe Ox, ayant une abscisse inférieure à $\mu\left(\frac{1}{B + KC}\right)$, où B et C ont la signification du n° 2, et où K est un nombre supérieur aux valeurs absolues de $\mu'(y)$. Cette solution se prolonge

au-dessus de la courbe (Γ) en résolvant un problème de Cauchy comme au n° 3.

Les démonstrations de ces théorèmes se font comme il a été indiqué au n° 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des systèmes en involution d'équations linéaires aux dérivées partielles.* Note de M. **G. Cerf**, présentée par M. Goursat.

M. B. Segre a donné [1] une intéressante transformation d'un système en involution particulier de deux équations linéaires aux dérivées partielles du troisième ordre à deux variables indépendantes en une équation du type de Laplace-Darboux. Je me propose de rattacher ce résultat à une théorie générale et de donner quelques exemples nouveaux.

1. Considérons un système en involution d'ordre q, S, à deux variables indépendantes, qu'il n'est pas nécessaire, pour l'instant, de supposer linéaire; en lui adjoignant une équation E d'ordre minimum convenable, on peut déduire du système total $S+E$, par différentiations, un nouveau système Σ où le nombre des équations d'un certain ordre p est au plus égal à $p+1$, les équations d'ordre $p+1$ étant au nombre de $p+3$, on peut alors déduire de ces dernières une relation que par analogie [2] je désigne par

$$[S, E] = 0. \tag{1}$$

Elle exprime la condition d'intégrabilité de $S+E$ quand le calcul des dérivées d'ordre $p+1$ est possible; quand ce calcul n'est pas possible, on peut [2] déduire de Σ un nouveau système Σ' qui, s'il ne conduit pas à une impossibilité algébrique, ce qui est le cas normal, admet encore (1) comme unique condition d'intégrabilité : lorsque cette condition est vérifiée nous disons que S et E sont conjoints.

2. Nous allons donner des exemples parmi les systèmes linéaires que nous considérerons seuls désormais.

---

[1] *Sur l'intégration d'un certain système d'équations différentielles* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 268).

[2] *Sur les transformations des équations aux dérivées partielles* (*Journ. de Math.*, 7e série, 4, 1918, p. 309).

[3] *Sur les transformations des équations linéaires aux dérivées partielles* (*Comptes rendus*, 169, 1919, p. 613).

Le système en involution

$$(2)\quad \begin{cases} \beta = ar + bs + cp + dq + ez, \\ \gamma = a's + b't + c'p + d'q + e'z \\ \left(\beta = \dfrac{\partial^3 z}{\partial x^2\, \partial y}, \ldots, r = \dfrac{\partial^2 z}{\partial x^2}, a, \ldots, e' \text{ fonctions convenables de } x \text{ et } y\right), \end{cases}$$

qui est, avec d'autres notations, le système considéré par M. Segré, admet pour équation conjointe

$$(3)\qquad s = \lambda p + \mu q + \rho z$$

lorsque λ, μ, ρ n'étant assujettis à aucune restriction, elle admet trois solutions distinctes de (2); si $\lambda = a$, $\mu = b'$ il suffit que (3) admette une solution de (2) et si en plus ρ est égal à

$$(b - b')a + c - a^x \quad \text{ou} \quad (a' - a)b' + d' - b'_y,$$

(2) et (3) sont conjoints et admettent soit une seule solution commune $z = 0$, soit une infinité de solutions communes; si ces deux expressions sont égales, (2) admet toutes les solutions de (3).

L'équation (4) $p = \lambda z$ est conjointe à (2) si $2b'_y - a'b' - d' = 0$ et $\lambda = b'$. L'équation (5) $r = \nu s + \lambda p + \mu q + \rho z$ peut être aussi conjointe à (2) de diverses manières : par exemple si elle admet quatre solutions distinctes de (2) qui déterminent aisément les quatre coefficients λ, μ, ρ, ν; ou si, ces coefficients étant déterminés par trois quadratures, la seule solution commune est $z = 0$.

Si l'on considère un système (2)' général de deux équations du troisième ordre en involution, la connaissance de cinq de ses intégrales distinctes permet de déterminer une équation du deuxième ordre qui lui est conjointe. Ce résultat se généralise pour un système quelconque d'ordre 2 mais seulement par des systèmes particuliers d'ordre supérieur à 2.

3. Cela posé, la connaissance d'une équation linéaire (E) conjointe à S permet de transformer le système d'ordre q en une équation linéaire E' de cet ordre, au plus; il suffit de prendre comme nouvelle inconnue le premier membre de E, le second membre étant réduit à 0.

Les exemples du n° 2 procurent de telles transformations.

On peut dire en particulier que la connaissance d'un nombre suffisant d'intégrales distinctes d'un système d'ordre 2 permet de ramener l'intégration de ce système à celle d'une équation de Laplace.

Pour la détermination des solutions de S qui correspondent à une solu-

tion de (E′), on est ramené à l'application de la méthode de variations des constantes, en général.

Comme système en involution d'ordre 3 auquel s'appliquent les considérations précédentes on peut citer le système composé de deux équations du quatrième ordre :

$$\frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} = a \frac{\partial^3 z}{\partial x^2 \partial y} + b \frac{\partial^3 z}{\partial x \partial y^2} + \ldots,$$
$$\frac{\partial^4 z}{\partial x \partial y^3} = a' \frac{\partial^3 z}{\partial x \partial y^2} + b' \frac{\partial^3 z}{\partial y^3} + \ldots.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un complément au théorème de M. Fatou.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Théorème. — On peut changer une infinité de coefficients d'une série de Taylor arbitraire $\Sigma a_n x^n$ de rayon de convergence égal à un de manière que le cercle de convergence devienne une coupure *et que tous les points sur ce cercle aient le même ordre* ω *(au sens de M. Hadamard) égal à l'ordre de la série sur le cercle de convergence*

$$\omega = \overline{\lim} \frac{\mathrm{L}|a_n|}{\mathrm{L}n} + 1.$$

Le théorème de M. Fatou est énoncé dans la partie non soulignée; la partie soulignée forme notre complément.

Pour démontrer ce théorème, il suffit de faire les remarques suivantes :

1° Si $x_0 = e^{i\varphi_0}$ est un point d'ordre $\omega' < \omega$ pour $\Sigma a_n x^n$, alors il existe un φ_1 rationnel tel que $e^{i\varphi_1}$ est un point d'ordre $\omega'' < \omega$.

2° Si x_0 est d'ordre $\omega' < \omega$ pour $\Sigma a_n x^n$ et d'ordre $\omega'' < \omega$ pour $\Sigma b_n x^n$, alors x_0 est d'ordre $\omega''' < \omega$ pour $\Sigma(a_n + b_n)x^n$.

La première remarque résulte du fait que, d'après la définition même de l'ordre en un point, il existe un arc sur lequel la fonction $\Sigma a_n x^n$ est de l'ordre $\omega'' < \omega$.

La seconde remarque que l'on trouve dans le travail de M. Hadamard résulte également de la définition de l'ordre.

3° D'après un théorème de M. Fabry, la série

$$\Sigma \mathrm{C}_n \mathrm{X}^{\lambda_n} \quad \text{avec} \quad \lambda_{n+1} - \lambda_n > \sqrt{\lambda_n \mathrm{L} \lambda_n}$$

admet tous les points du cercle de convergence comme points singuliers avec le même ordre.

Pour démontrer notre assertion, il suffit d'employer la méthode de Hurwitz [1] qui a servi à cet auteur pour démontrer le théorème de M. Fatou, en remplaçant le mot « point régulier » par point d'ordre $\omega' < \omega$ [2], et en remplaçant au cours de la démonstration le théorème de Hadamard-Fabry par le théorème 3.

MÉCANIQUE. — *Intégration des équations différentielles du mouvement gyroscopique d'un projectile.* Note de M. **G. Sugot**, transmise par M. Appell.

1. Dans une Note récente [3] nous avons établi l'équation différentielle relative à l'*obliquité* δ du projectile dans le mouvement au voisinage de la bouche, et indiqué qu'on pouvait discuter complètement la solution du problème sans avoir besoin d'intégrer cette équation.

Or l'intégration ne présente aucune difficulté, non plus que celle de l'équation qui donne l'*orientation* ψ du *plan de résistance*. On obtient alors explicitement, en fonction du temps, les coordonnées polaires de la courbe que décrit la trace de l'axe du projectile sur un plan perpendiculaire à la tangente.

2. L'équation différentielle qui détermine l'obliquité δ est

$$\frac{\delta'''}{\delta'} + \frac{3\delta''}{\delta} + 4K = 0 \qquad [\text{équation (7) de la Note précitée}],$$

on en déduit successivement

$$(\delta'' + K\delta)\delta^3 = \text{const.}\, a \qquad [\text{équation (8) de la Note précitée}],$$

$$\delta'^2 + K\delta^2 + \frac{a}{\delta^2} = \text{const.}\, b \qquad [\text{équation (8) de la Note précitée}$$

$$\delta^2 = \frac{b}{2\alpha^2} + \left(\delta_0^2 - \frac{b}{2\alpha^2}\right)\cos 2\alpha t + \frac{p_0\delta_0}{\alpha}\sin 2\alpha t,$$

où l'on a posé

$$\alpha^2 = K, \qquad b = p_0^2 + \delta_0^2\left(2K + \frac{p'_0}{\delta_0}\right).$$

---

[1] Telle par exemple qu'elle est exposée dans Hadamard et Mandelbrojt, *La série de Taylor et son prolongement analytique*, p. 74 (*Scientia*, Paris, Gauthier-Villars, 1926).

[2] Les remarques 1° et 2° le permettent.

[3] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 186.

3. On a en outre

$$\Psi = \int r\,dt = \frac{A\varpi}{2B}t - \int \rho\,dt,$$

en posant

$$\rho = \frac{A\varpi}{2B} - r = \sqrt{\frac{p'}{\delta} + K}$$

et

$$\int \rho\,dt = \frac{\rho_0 \delta_0^2}{\alpha} \int \frac{dt}{\frac{b}{2\alpha^2} + \left(\delta_0^2 - \frac{b}{2\alpha^2}\right)\cos 2\alpha t + \frac{p_0\delta_0}{\alpha}\sin 2\alpha t},$$

on en déduit

$$\Psi = \Psi_0 + \frac{A\varpi}{2B}t - \operatorname{arc\,tang}\left[\frac{\rho_0}{\alpha}\,\frac{\operatorname{tang}\alpha t}{1 + \frac{p_0}{\delta_0}\operatorname{tang}\alpha t}\right].$$

4. Parmi les particularités présentées par la courbe étudiée, suivant les valeurs respectives des conditions initiales, on signalera l'existence de boucles comprises entre les deux cercles enveloppes, si ρ_0 est du signe de ϖ, lorsque :

1° $$\left|\frac{p_0}{\delta_0}\right| > \left|\frac{M}{A\varpi}\right|,$$

2° $$\left|\frac{p_0}{\delta_0}\right| > \left|\frac{M}{A\varpi}\right|$$

avec r_0 extérieur aux deux valeurs ci-après :

$$r_1 = \frac{M}{A\varpi}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{p_0^2}{\delta_0^2}\,\frac{A^2\varpi^2}{M^2}}\right],$$

$$r_2 = \frac{M}{A\varpi}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{p_0^2}{\delta_0^2}\,\frac{A^2\varpi^2}{M^2}}\right],$$

et de boucles enveloppant le cercle intérieur si ρ_0 est de signe contraire à ϖ.

L'intégration effectuée permet en outre d'obtenir exactement les obliquités maxima et minima dont le carré a pour expression

$$\frac{\delta_0^2}{2K}\left[\frac{p_0^2}{\delta_0^2} + \frac{p'_0}{\delta_0} + 2K \pm \sqrt{\left(\frac{p_0^2}{\delta_0^2} + \frac{p'_0}{\delta_0}\right)^2 + 4K\frac{p_0^2}{\delta_0}}\right],$$

d'où les valeurs approchées

$$\delta_m^2 = \delta_0^2\,\frac{\rho_0^2}{\rho_0^2 + \frac{p_0^2}{\delta_0^2} + K},$$

$$\delta_M^2 = \frac{p_0^2}{K} + \delta_0^2\left[1 + \frac{\rho_0^2}{K}\,\frac{\frac{p_0^2}{\delta_0^2} + \rho_0^2}{\frac{p_0^2}{\delta_0^2} + \rho_0^2 + K}\right].$$

ÉLASTICITÉ. — *Sur une transformation des équations de l'élasticité.* Note [1] de M. **Kolossoff**, présentée par M. Mesnager.

On obtient les équations de la théorie de l'élasticité relatives aux corps isotropes en substituant dans les trois équations de l'équilibre

$$(1) \qquad \frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial T_3}{\partial y} + \frac{\partial T_2}{\partial z} + \rho x = 0,$$

les composantes des forces élastiques

$$N_1 = \lambda\theta + 2\mu\frac{\partial u}{\partial x}, \qquad T_1 = \mu\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right), \qquad \ldots.$$

Introduisons au lieu de x, y les nouvelles variables $\zeta = x + iy$, $\zeta_1 = x - iy\,(i = \sqrt{-1})$ et remplaçons les équations (1) par deux équations

$$(2) \quad \frac{\partial}{\partial\zeta}(N_1 - N_2 + 2iT_3) + \frac{\partial}{\partial\zeta_1}(N_1 + N_2) + \frac{\partial\varphi}{\partial z} + \rho\psi = 0, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial\zeta} + \frac{\partial\varphi_1}{\partial\zeta_1} = -\frac{\partial N_3}{\partial z} + \rho Z$$

$$(\varphi = T_2 + iT_1,\ \varphi_1 = T_2 - iT_1,\ \psi = X + iY)$$

et les expressions des composantes par quatre équations

$$(3) \quad N_1 - N_2 + 2iT_3 = 4\mu\frac{\partial f}{\partial\zeta_1}, \qquad N_1 + N_2 = 2(\lambda + \mu)\left(\frac{\partial f}{\partial\zeta} + \frac{\partial f_1}{\partial\zeta_1}\right) + 2\lambda\frac{\partial w}{\partial z},$$

$$(4) \quad \varphi = \mu\frac{\partial f}{\partial z} + 2\mu\frac{\partial w}{\partial\zeta_1}, \qquad \frac{\partial w}{\partial z}(\lambda + 2\mu) = N_3 - \lambda\left(\frac{\partial f}{\partial\zeta} + \frac{\partial f_1}{\partial\zeta_1}\right)$$

$$(f = u + iv,\ f_1 = u - iv).$$

Il s'ensuit

$$(5) \quad N_1 + N_2 = \frac{2\lambda}{\lambda + 2\mu}N_3 + 2\mu\frac{2\mu + 3\lambda}{\lambda + 2\mu}\left(\frac{\partial f}{\partial\zeta} + \frac{\partial f_1}{\partial\zeta_1}\right).$$

1° Examinons d'abord le cas du problème plan. Il reste les trois équations suivantes :

$$\frac{\partial}{\partial\zeta}(N_1 - N_2 + 2iT_3) + \frac{\partial}{\partial\zeta_1}(N_1 + N_2) + \rho\psi = 0, \qquad N_1 - N_2 + 2iT_3 = 4\mu\frac{\partial f}{\partial\zeta_1},$$

$$N_1 + N_2 = 2(\lambda + \mu)\left(\frac{\partial f}{\partial\zeta} + \frac{\partial f_1}{\partial\zeta_1}\right).$$

En substituant la valeur $N_1 - N_2 + 2iT_3$ de la deuxième équation dans

[1] Séance du 21 février 1927.

la première et en intégrant par rapport à ζ_1

$$4\mu\frac{\partial f}{\partial \zeta}+N_1+N_2+\rho\int\psi\, d\zeta_1=F(\zeta) \tag{6}$$

[où $F(\zeta)$ est une fonction arbitraire de z].

En portant dans cette équation la valeur de $N_1 - N_2$ de la troisième équation, et en changeant i en $-i$, on obtient

$$\frac{\partial f}{\partial \zeta}+\frac{\partial f_1}{\partial \zeta_1}=\frac{1}{4(\lambda+2\mu)}\left[F(\zeta)+F_1(\zeta_1)-\rho\left(\int\psi\, d\zeta+\int\psi_1\, d\zeta_1\right)\right]$$

[l'indice 1 indique que i est changée en $-i$]

et

$$4\mu f=-\frac{1}{2}\frac{\lambda+\mu}{\lambda+2\mu}\zeta F_1(\zeta_1)+ \tag{7}$$
$$+\frac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+2\mu)}\int F(\zeta)\, d\zeta-\frac{\lambda+3\mu}{2(\lambda+2\mu)}\rho\int\int\psi_1\, d\zeta^2+\Phi_1(\zeta_1),$$

où $\Phi_1(\zeta_1)$ est une fonction arbitraire de ζ_1 (1).

2° *Problème de Saint-Venant.* — Posons $\Psi = Z = 0$, $f = f(z, \zeta)$. Les équations (2) et (5) donnent

$$N_1 - N_2 + 2iT = 0 \qquad (N_1 = N_2 = p,\ T_3 = 0),$$
$$\frac{\partial \varphi}{\partial z}=-2\frac{\partial p}{\partial \zeta_1},\qquad \frac{\partial \varphi}{\partial \zeta}+\frac{\partial \varphi}{\partial \zeta}=-\frac{\partial N_3}{\partial z},\qquad N_3=-\frac{(3\lambda+2\mu)\mu}{\lambda}\left(\frac{\partial f}{\partial \zeta}+\frac{\partial f_1}{\partial \zeta_1}\right),$$
$$\frac{\partial w}{\partial z}=-\frac{\lambda+\mu}{\lambda}\left(\frac{\partial f}{\partial \zeta}+\frac{\partial f_1}{\partial \zeta_1}\right),\qquad \frac{\partial w}{\partial \zeta_1}=\frac{1}{2\mu}\varphi-\frac{1}{2}\frac{\partial f}{\partial z}.$$

La condition d'intégrabilité des deux dernières équations exige

$$\frac{2}{\mu}\frac{\partial p}{\partial \zeta_1}+\frac{\partial^2 f}{\partial z^2}=\frac{\lambda+\mu}{\lambda}\frac{\partial^2 f_1}{\partial \zeta_1^2}.$$

Pour $p = 0$ (2) (problème de Saint-Venant), il s'ensuit

$$f(z,\zeta)=\zeta^2(\alpha+\beta z)+\zeta(\gamma+\delta z)+4\frac{\lambda+\mu}{\mu}\int\int(\alpha_1+\beta_1 z)\, dz^2,$$

où α, β, γ, δ sont des constantes et α_1, β_1, conjuguées avec α, β :

$$w=-\frac{\lambda+\mu}{2}\left[2\zeta\left(\alpha z+\frac{\beta z^2}{2}\right)+2\zeta_1\left(\alpha_1 z+\frac{\beta_1 z^2}{2}\right)+(\delta+\delta_1)\zeta\zeta_1\right]+w_0,$$
$$\frac{\partial^2 w_0}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w_0}{\partial y^2}=0.$$

---

(1) Dans le cas $\psi = \psi_1 = 0$ on revient aux formules de notre Note de 1925.

(2) Le cas $p \gtrless 0$ sera publié dans un autre Recueil.

3° $\psi = Z = 0$, $\varphi = \frac{\partial \Phi_1(z, \zeta_1)}{\partial \zeta_1}$. La deuxième équation (2) donne $\frac{\partial N_3}{\partial z} = 0$. En appliquant aux équations (2), ..., (5) le procédé du problème plan (1°), on obtient, au lieu de (6), l'équation

$$4\mu \frac{\partial f}{\partial \zeta} + N_1 + N_2 + \frac{\partial \Phi_1(z, \zeta)}{\partial z} = F(\zeta, z),$$

on parvient par des calculs très simples au résultat suivant :

Soient $F_0(\zeta)$, $F_1(\zeta)$, $F_2(\zeta)$, $\Phi_0(\zeta)$, $\Phi_1(\zeta)$, $\mathcal{F}_0(\zeta)$ des fonctions arbitraires de la variable ζ. En posant

$$F(z, \zeta) = z^2 F_2(\zeta) + z F_1(\zeta) + F_0(\zeta),$$
$$\Phi_1(z, \zeta_1) = -\frac{z^3}{3} F_{21}(\zeta_1) - \frac{z^2}{2} F_{11}(\zeta_1) + z\Phi_{11}(\zeta_1) + \Phi_{01}(\zeta_1),$$

nous trouverons la solution suivante

$$N_3 = -\frac{1}{4}\left(\zeta_1 \int F_2(\zeta)\, d\zeta + \zeta \int F_{21}(\zeta_1)\, d\zeta_1\right) + \mathcal{F}_0(\zeta) + \mathcal{F}_{01}(\zeta_1),$$

et l'on obtient pour f et w des expressions très simples.

D'autres applications de ce procédé seront données dans des Mémoires plus étendus. Un cas particulier a été traité par Maurice Lévy [1].

AÉRONAUTIQUE. — *Sur le vol horizontal d'un avion à grand rayon d'action.* Note de M. **J. Vorobeitchik**, présentée par M. P. Painlevé.

La présente Note a pour but la détermination des conditions optima de vol horizontal d'un avion à grand rayon d'action.

Hypothèses. — On admettra dans cette étude que :

1° Le poids spécifique a de l'air à l'altitude de vol, ainsi que le rendement η des hélices et la consommation totale q d'essence et d'huile par kilogrammètre effectif des moteurs sont constants pendant tout le trajet de l'avion ;

2° La partie de la polaire de l'avion entier, utilisée pendant le trajet, est donnée par la relation

(1) $$C_z = \frac{\pi\lambda}{2}\left(\beta - \sqrt{\beta^2 - \frac{4\, C_{x_0}}{\pi\lambda}}\right),$$

λ étant l'allongement effectif de la voilure, C_{x_0} le coefficient absolu d'ensemble de la

(1) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 3e série, 3, 1877, p. 250.

résistance de profil de la voilure et des résistances passives de l'avion, β la finesse de l'avion entier définie par le rapport $\frac{C_x}{C_z}$.

Conditions optima de vol horizontal. — Étant donné le chemin total L parcouru par l'avion par rapport à l'air du point A de départ au point B d'arrivée, le temps θ employé par l'avion pour parcourir ce chemin, le poids spécifique a de l'air, ainsi que les caractéristiques de l'avion : son poids total P_0 au point A, sa surface portante S, λ, C_{x_0}, η et q, on voit que la connaissance de la relation que nous appellerons équation caractéristique de vol

$$\beta = F(x), \tag{2}$$

x étant le chemin parcouru par l'avion par rapport à l'air du point A au point M quelconque du trajet AB, permet de déterminer le poids total Q d'essence et d'huile consommé par les moteurs pendant tout le trajet AB.

Nous dirons que le vol a lieu dans les conditions optima, lorsque ayant fixé les paramètres L, Θ, a, P_0, S, λ, C_{x_0}, η et q, la consommation Q est rendue minimum.

Nous allons rechercher l'équation caractéristique de vol, réalisant les conditions optima, ainsi que l'expression de la consommation minimum Q_m, à laquelle elles conduisent.

Rappelons que l'on a

$$(3)\qquad P = P_0 e^{-\frac{q}{\eta}\int_0^x \beta\, dx} \qquad \text{et} \qquad Q = P_0\left(1 - e^{-\frac{q}{\eta}\int_0^L \beta\, dx}\right), \qquad (4)$$

P étant le poids de l'avion au point M.

D'autre part, en désignant par t le temps employé par l'avion pour parcourir le chemin AM, on trouve

$$dt = \sqrt{\frac{aSC_z}{2gP}}\, dx, \tag{5}$$

d'où, en vertu de (1) et (3),

$$\theta = \sqrt{\frac{a\pi\lambda S}{4gP_0}} \int_0^L \sqrt{\beta - \sqrt{\beta^2 - \frac{4C_{x_0}}{\pi\lambda}}}\, e^{\frac{q}{2\eta}\int_0^x \beta\, dx}\, dx. \tag{6}$$

Posons

$$(7)\qquad y = \frac{q}{2\eta}\int_0^x \beta\, dx, \qquad \text{d'où} \qquad \beta = \frac{2\eta}{q} y'. \qquad (8)$$

En substituant dans (4) et (6), on obtient

$$(9)\qquad Q = P_0\left(1 - e^{-2\int_0^L y'\, dx}\right) \qquad \text{et} \qquad \theta = K_1 \int_0^L \sqrt{y' - \sqrt{y'^2 - K_2^2}}\, e^y\, dx, \qquad (10)$$

où

(11) $$K_1=\sqrt{\frac{a\pi\lambda S}{2gP_0}\frac{\eta}{q}} \quad \text{et} \quad K_2=\frac{q}{\eta}\sqrt{\frac{C_{x_0}}{\pi\lambda}}.$$ (12)

Le problème se ramène donc à la recherche d'une fonction $y=G(x)$, pour laquelle on a

(13) $$\int_0^L \sqrt{y'\sqrt{y'^2-K_2^2}}\,e^y\,dx=\frac{\theta}{K_1}$$

et qui fournit uu extremum relatif de l'intégrale $\int_0^L y'\,dx$.

Posons

(14) $$z=\frac{1}{K_2}\left(y'-\sqrt{y'^2-K_2^2}\right), \quad \text{d'où} \quad y'=K_2\frac{z^2+1}{2z}.$$ (15)

On trouve d'après le calcul des variations l'équation différentielle

(16) $$dx=-\frac{1}{K_2}\frac{z^2+3}{(1-z^2)(3-z^2)}dz,$$

d'où

(17) $$x=\frac{1}{K_2}\left[ln\frac{1+z_0}{1-z_0}-\frac{\sqrt{3}}{2}ln\frac{\sqrt{3}+z_0}{\sqrt{3}-z_0}-\left(ln\frac{1+z}{1-z}-\frac{\sqrt{3}}{2}ln\frac{\sqrt{3}+z}{\sqrt{3}-z}\right)\right]$$

et

(18) $$LK_2=ln\frac{1+z_0}{1-z_0}-\frac{\sqrt{3}}{2}ln\frac{\sqrt{3}+z_0}{\sqrt{3}-z_0}-\left(ln\frac{1+z_1}{1-z_1}-\frac{\sqrt{3}}{2}ln\frac{\sqrt{3}+z_1}{\sqrt{3}-z_1}\right),$$

z_0, z et z_1 étant les valeurs de la variable z, correspondant respectivement aux points A, M et B du trajet.

En tenant compte de (13), (15) et (16), on obtient

(19) $$\frac{\theta}{K_1}\sqrt{K_2}=\frac{\sqrt{z_0}(3-z_0^2)}{1-z_0^2}\left(\frac{z_0}{3-z_0^2}-\frac{z_1}{3-z_1^2}\right).$$

En reprenant maintenant (8) on a, en vertu de (15),

(20) $$\beta=K_2\frac{\eta}{q}\frac{z^2+1}{z}.$$

Les relations (17) et (20) constituent la solution du problème étudié; elles expriment sous forme paramétrique l'équation caractéristique de vol cherchée; les limites z_0 et z_1 se déterminent en satisfaisant aux relations (18) et (19).

On trouve enfin, d'après (9), (15) et (16),

(21) $$Q_m=P_0\left[1-\frac{(1-z_0^2)^2 z_1(3-z_1^2)^2}{z_0(3-z_0^2)^2(1-z_1^2)^2}\right].$$

ACOUSTIQUE. — *Sur la propagation des ondes aériennes dans les grandes canalisations cylindriques souterraines.* Note de M. J. **Thovert**, présentée par M. A. Cotton.

Une belle série d'expériences effectuée par M. Th. Vautier (1) dans une canalisation de distribution d'eau de 1^m de diamètre a permis d'observer une concordance remarquable des durées de parcours d'ondes explosives, courtes et de faible amplitude, d'origines diverses. L'approximation obtenue, $\frac{1}{20\,000}$, dans cette concordance, témoigne de la grande valeur technique des enregistrements, mais ne peut pas se reporter sur un calcul de vitesse de propagation par suite d'une circonstance qui affecte probablement toutes les études d'ondes aériennes dans les conduites souterraines. Dans le Mémoire relatant ces expériences, il est en effet signalé que la température différait de $0^{\circ},8$ entre le bas et le haut d'une même section droite; le même fait avait été observé avec plus d'ampleur dans la canalisation d'Argenteuil, de 3^m de diamètre où fut exécutée, en 1895 par MM. Violle et Vautier, une intéressante série d'observations.

Ce défaut d'uniformité de la température, accompagné nécessairement d'une variation de l'état hygrométrique, entraîne la non-uniformité de la densité dans le plan d'une section droite. Indépendamment de l'incertitude que ce fait apporte dans la définition d'une densité moyenne de l'atmosphère utilisée, il en résulte aussi une forte anomalie dans la propagation des ondes. En admettant qu'on ait pu organiser, à quelque distance du centre d'explosion, une onde de compression plane normale à l'axe, cette organisation régulière ne peut se maintenir. Le rayon de propagation d'un élément de condensation dans un milieu à densité variable sera courbé, et le manque d'uniformité entraînera progressivement la modification incessante de la constitution interne de l'onde. En ce qui concerne la durée de propagation, l'influence de cette courbure du rayon se traduira par un allongement sensible de l'espace parcouru.

Dans le cas simplifié d'une section rectangulaire et d'un gradient de densité faible et constant sur la direction verticale, une trajectoire de propagation se compose approximativement d'arcs de parabole, rebrous-

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1055; *Ann. de Physique*, 10e série, **6**, 1926, p. 311.

sant par réflexion à chaque contact avec la paroi. L'allongement relatif du parcours serait de l'ordre de grandeur de la variation relative de vitesse sur la verticale de la section droite, soit de $\frac{1}{1000}$ pour la différence de température signalée précédemment.

Sans retenir ce cas particulier trop éloigné des conditions réelles des expériences, on peut cependant conclure que, si ces conditions anormales de propagation restent sans influence sur l'uniformité des durées de parcours, on ne peut utiliser celles-ci à un calcul exact de vitesse sur la longueur de l'axe de la conduite. Il semble bien d'ailleurs que les résultats de toutes les expériences dans les canalisations souterraines (Regnault, Violle et Vautier) donnent, pour la vitesse du son, des valeurs inférieures à celles obtenues par les autres méthodes, et correspondent à une évaluation trop élevée du rapport C : *c*.

L'anomalie qu'on signale ici doit entrer en ligne de compte dans ces écarts systématiques, mais son effet complexe sur la constitution intérieure de l'onde semble enlever toute signification précise à un essai de correction, même grossièrement approchée; il en reste surtout un caractère d'extrême singularité pour les observations faites dans ces conditions sur la propagation des ondes aériennes et leurs modifications apparentes.

PHYSIQUE. — *Sur la télévision. Premiers résultats dans la transmission des images animées.* Note de MM. **Belin** et **Holweck**, présentée par M. L. Lumière.

Le problème général de la télévision consiste à transmettre, après transformation en valeurs électriques correspondantes, les points successifs d'une image analysée en $\frac{1}{16}$ de seconde, suivant une courbe convenable, et à recomposer, à la réception, l'image animée qu'on désire voir en faisant décrire à un point lumineux, dont l'intensité est modulée par les valeurs électriques transmises, exactement la même courbe que celle qui sert à l'analyse, et ceci avec un synchronisme rigoureux.

L'appareil que nous allons décrire est un perfectionnement de celui qui a permis d'obtenir les premiers résultats dans la vision à distance des silhouettes mobiles, et dont le fonctionnement a été montré à quelques savants le 26 juillet dernier.

Dans ce dispositif, nous préférons, au lieu d'analyser l'image d'un objet éclairé en permanence en totalité, déplacer sur l'objet lui-même un spot qui peut être extrêmement intense, tout en ne donnant qu'un éclairage moyen faible. L'éclairage total qui serait nécessaire pour obtenir simultanément, sur tous les points du visage à transmettre, le même éclat que celui donné par notre spot, serait tout à fait insupportable. Ce spot est obtenu en faisant sur l'objet l'image d'un petit diaphragme de $0^{cm},1$ de diamètre, éclairé par le cratère d'un arc Garbarini.

La double sinusoïde d'analyse que nous employons, et qui a été proposée par Rignoux, est obtenue au moyen de deux miroirs oscillants autour d'axes rectangulaires sur lesquels vient se réfléchir le fin pinceau lumineux devant former le spot. L'oscillation des deux miroirs est obtenue au moyen de bielles et de manivelles, les deux axes actionnant les deux miroirs étant liés par une vis tangente dont le rapport de démultiplication définit le nombre de lignes par images. Ces arbres entraînent deux alternateurs transmettant à distance les coordonnées du point lumineux. Les courbes de courant données par ces machines doivent être bien sinusoïdales pour représenter le mouvement du point, car les bielles sont suffisamment longues pour que leur obliquité n'intervienne pas. La mise en phase est assurée par la rotation des stators des alternateurs.

Lorsqu'on désire transmettre la silhouette d'un objet animé, on reçoit le faisceau divergent, issu des miroirs oscillants, sur un grand miroir de projecteur au foyer duquel est placée une cellule photo-électrique et l'on interpose l'objet dans le trajet du faisceau. Pour transmettre l'image en demi-teinte, il suffira de recevoir latéralement la lumière diffusée par l'objet en la concentrant, par un objectif à très grande ouverture relative, sur une cellule photo-électrique.

Le courant produit dans la cellule par la lumière est amplifié par un amplificateur à trois étages du type à liaison par contre-batterie.

La réception est faite au moyen d'un oscillographe cathodique, l'intensité du faisceau mobile d'électrons étant modulée au moyen d'un diaphragme percé d'un trou, porté à un potentiel variable par rapport au filament (¹). L'oscillographe employé est métallique et il est relié à une pompe moléculaire hélicoïdale y entretenant un bon vide. On peut arrêter la pompe pendant plusieurs heures sans voir diffuser le faisceau. La tache cathodique

---

(¹) L'emploi de l'oscillographe cathodique a été proposé antérieurement par Rossing et l'adjonction de la grille de modulation par M. Valensi.

très fine est déviée au moyen du courant des deux alternateurs agissant magnétiquement au travers d'un tube de maillechort de $0^{mm},1$ d'épaisseur dans l'axe duquel passe le faisceau. La tension totale lançant les électrons est de 1000 volts environ.

Pour régler l'ensemble, on commence par supprimer un des mouvements du spot et ne conservant, par exemple, que la coordonnée explorée à grande vitesse, on interpose un objet étroit perpendiculaire au déplacement. L'image sur l'oscillographe est généralement double, une différence de phase existant entre le mouvement du spot lumineux et le mouvement du faisceau cathodique. En faisant tourner le stator de l'alternateur correspondant, on ramène les points sur coïncidence. On fait de même pour l'autre coordonnée.

L'appareil d'étude actuellement construit et dans lèquel une image est analysée par 33 lignes nous a permis de transmettre des images animées telles que la silhouette d'une main dans laquelle les mouvements des doigts sont visibles, l'ombre d'un profil humain, etc. On peut aussi transmettre un cliché photographique pourvu qu'il soit suffisamment simple.

OPTIQUE. — *Mesure absolue de l'intensité de la lumière diffusée par le benzène à l'état liquide.* Note de MM. **J. Cabannes** et **P. Daure**, présentée par M. A. Cotton.

La diffusion de la lumière par les gaz a été plusieurs fois mesurée et les résultats sont concordants. Aussi avons-nous pu déterminer l'intensité de la lumière diffusée latéralement par le benzène liquide en la comparant à l'intensité de la lumière diffusée par le chlorure d'éthyle gazeux. L'échantillon de chlorure d'éthyle est celui qu'avait étudié l'un de nous en 1925 [1]; il était conservé dans un tube en croix scellé. L'échantillon de benzène a été très soigneusement purifié [2]; il donne comme facteur de dépolarisation

---

(1) P. Daure, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 2032.

(2) Il est facile de débarrasser le benzène de toute particule en suspension, mais il est plus difficile de supprimer la fluorescence. L'échantillon (choisi rigoureusement exempt de thiophène) a d'abord été purifié par distillations fractionnées à la pression atmosphérique, puis introduit dans un récipient formé de deux ampoules de verre A et B qu'on a vidées d'air et fermées à la lampe. On distille plusieurs fois le benzène de B dans A (de manière à nettoyer A), entre la température extérieure et — 80° C., puis on sépare A de B au chalumeau. Le benzène de B est fluorescent; celui de A ne l'est pas.

$\rho = \frac{i}{I} = 0,41$. Les mesures d'intensité ont été faites au soleil, d'abord par observation visuelle, puis par photographie. L'ampoule contenant le benzène était placée dans une cuve rectangulaire assez grande, contenant aussi du benzène, ce qui évitait les réflexions sur le verre de l'ampoule; deux lentilles auxiliaires, l'une sur le faisceau excitateur, l'autre sur le faisceau diffusé, ramenaient, dans le cas du benzène, la convergence des deux faisceaux à la même valeur que dans le cas du chlorure d'éthyle.

1° *Observations visuelles.* — On a utilisé le dispositif établi par l'un de nous [1] pour étudier le chlorure d'éthyle. Un écran vert limitait le rayonnement incident de part et d'autre de la radiation efficace 5440 Å. Ces mesures ont donné à 15° C.

$$(I + i)_{C^6H^6} = 100(I + i)_{C^2H^5\varphi}.$$

2° *Observations photographiques.* — Le faisceau incident horizontal, filtré par une cuve de quinine, était photographié à travers un polariseur fixe, à section principale verticale (qui laissait passer la vibration I et éteignait la vibration i), puis un analyseur mobile qui réduisait I dans un rapport connu. Ces mesures ont donné

$$I_{C^6H^6} = 81 \times I_{C^2H^5\varphi}, \qquad \text{d'où} \qquad (I + i)_{C^6H^6} = 112(I + i)_{C^2H^5\varphi}.$$

La longueur d'onde efficace était voisine de 4300 Å. En admettant que la diffusion est proportionnelle à $(\mu^2 - 1)^2(\mu^2 + 2)^2\lambda^{-4}$, expression dans laquelle μ désigne l'indice de réfraction du milieu, on passe facilement de la radiation 4300 Å à 5440 Å, et l'on trouve

$$(I + i)_{C^6H^6} = 102(I + i)_{C^2H^5\varphi}.$$

3° *Résultat.* — Le rapport entre l'intensité lumineuse diffusée latéralement par 1^{cm^3} de benzène liquide à 15° C. et l'éclairement produit par le faisceau primaire est

$$R = (10,7 \pm 0,55) \times 10^{-6}\,\text{cm}^{-1} \qquad \text{pour} \qquad \lambda = 5440\,\text{Å}.$$

4° *Discussion théorique.* — La formule d'Einstein corrigée d'anisotropie,

$$R = \frac{\pi^2}{2\lambda^4}\,\frac{R_1 T}{N}\,\frac{1}{\beta}\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial p}\right)^2 \frac{6(1+\rho)}{6-7\rho}, \tag{1}$$

---

[1] *Loc. cit.*

où $\frac{\partial \varepsilon}{\partial p}$ mesure la variation du carré de l'indice ($\varepsilon = \mu^2$) avec la pression, permet de calculer *a priori* le rapport entre les intensités diffusées par le benzène liquide et le chlorure d'éthyle gazeux. On trouve 121 au lieu de 101. Les liquides diffusent donc moins de lumière que n'indiquent les théories actuelles ([1]). Le coefficient N, égal à $6{,}5 \times 10^{23}$ dans le cas des gaz, est de $7{,}8 \times 10^{23}$ dans le cas du benzène, et reste voisin de 8×10^{23} pour tous les liquides étudiés. Tous les essais tentés pendant ces dernières années pour améliorer la théorie (introduction du champ intermoléculaire, effets de la cohésion sur la répartition des molécules, etc.) augmentent la valeur de R ([2]). *Il n'est donc pas possible actuellement de déduire le nombre d'Avogadro de la mesure de la diffusion de la lumière par les liquides.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le rendement chimique dans la décomposition du gaz carbonique sous faible pression par l'étincelle condensée.* Note de MM. **Pierre Jolibois, Henri Lefebvre** et **Pierre Montagne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons étudié dans une Note précédente ([3]) les variations du rendement chimique dans la dissociation d'une masse connue de gaz carbonique en fonction du nombre de calories fournies sans pertes à l'extérieur. A ces

([1]) Les mesures relatives, faciles et concordantes, faites sur 66 liquides avec le benzène comme étalon, montrent que notre conclusion s'étend du benzène à tous les liquides.

([2]) Y. Rocard a pensé (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 52) que l'expression exacte de l'intensité diffusée contenait un facteur $f(\mu^2)$ compris entre

$$(\mu^2 - 1)^2 \quad \text{et} \quad (\mu^2 - 1)^2 \left(\frac{\mu^2 + 2}{3}\right)^2.$$

Cette hypothèse rétablirait l'accord entre la théorie et l'expérience. Malheureusement l'étude comparée des divers liquides semble bien conduire au facteur

$$(\mu^2 - 1)^2 \left(\frac{\mu^2 + 2}{3}\right)^2.$$

L'analyse mathématique de Lundblad (*Ann. der Phys.*, 57, 1918, p. 581) montre d'ailleurs que le champ de polarisation ne dépend que de la valeur *locale* de la polarisation, ce qui introduit $\left(\frac{\mu^2 + 2}{3}\right)^2$.

([3]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 323.

résultats, obtenus sans préciser la nature de la source d'énergie, nous allons comparer ceux que nous a fournis l'expérience en utilisant l'étincelle condensée.

1° Lorsque, dans un tube à électrodes de platine contenant du gaz carbonique sous une pression de 1^{mm} à 20^{mm} de mercure, on fait éclater une étincelle condensée, on constate que le potentiel explosif est une grandeur mal déterminée qui varie d'une expérience à l'autre dans des limites assez étendues. Par suite l'énergie de la décharge du condensateur change dans de larges proportions. Le tableau suivant, relatif à des expériences faites avec un tube assez large pour que l'étincelle n'en vienne pas lécher la paroi, montre que le rendement augmente en même temps que le potentiel explosif :

Volume du tube = 114^{cm^3}; pression = $1^{mm},55$; capacité du circuit = 2,26 M.F.

Voltage initial.	Voltage résiduel.	Joules.	Rendement pour 100 de la première étincelle.
1150	240	1,49	14,3
1210	240	1,65	16,0
1560	490	2,59	20,0
1600	500	2,90	29,2

2° Pour augmenter l'énergie fournie à une même masse de gaz, nous avons placé l'une des électrodes au fond d'un tube étroit dont l'autre extrémité s'ouvre au voisinage de la seconde électrode : l'étincelle occupe ainsi une faible fraction du volume total ; le rendement chimique se trouve alors abaissé (pression du gaz : $3^{mm},4$) :

Volume du tube.	Voltage initial.	Joules.	Rendement pour 100.
101^{cm^3} (sans tube intérieur)................	2600	7,5	18
99^{cm^3} (volume imposé à l'étincelle : 11^{cm^3})...	2900	9,5	6

Il en est de même si, par un dispositif convenable (par exemple lorsqu'une portion du circuit extérieur de décharge est parallèle à l'axe du tube et voisine de sa paroi), on oblige l'étincelle à passer contre la paroi intérieure du tube ; elle n'agit alors que sur un petit volume de gaz : nous l'avons vérifié par la photographie.

Volume du tube.	Pression du gaz.	Voltage initial.	Joules.	Rendement pour 100.
140^{cm^3} (circuit extérieur éloigné)......	$3^{mm},4$	2130	5,2	20
157^{cm^3} (une portion du circuit extérieur est parallèle à l'axe du tube et voisine de sa paroi)......................	$3^{mm},4$	2230	5,6	4,3

La forme du tube, de même que la disposition du circuit extérieur, qui font varier et la quantité d'énergie absorbée par la paroi et le volume de gaz traversé par l'étincelle, ont une grande influence sur le rendement chimique ; nous avons constaté que, par contre, la forme de l'électrode dans la région d'où part l'étincelle est sans influence sensible.

3° Si l'on fait décroître la capacité du circuit de décharge, la quantité d'énergie décroît proportionnellement. L'expérience montre que le rendement passe par un maximum : pour les faibles quantités d'énergie, le rendement est fonction croissante de cette dernière; pour les valeurs élevées de l'énergie, c'est l'inverse qui a eu lieu. Pression, $3^{mm},4$; volume du tube (pouvant être presque entièrement occupé par l'étincelle), 111^{cm^3}, potentiel explosif moyen, 1700 volts; voltage résiduel moyen, 500 volts.

Capacité en M. F.	Fraction dissociée.	Rendement pour 100 de la première étincelle.
13,44	0,33	9,56
10,8	0,31	9,82
2,26	0,30	22,5
0,52	0,06	17,8
0,092	0,003	6,24

4° Pour une capacité donnée du circuit, le rendement maximum n'est pas atteint dès la première étincelle. Un tel résultat peut paraître anormal, étant donné que les étincelles suivantes éclatent dans un milieu contenant déjà de l'oxyde de carbone; mais, par contre, au début de l'expérience, le potentiel explosif s'élève notablement d'une étincelle à la suivante, par suite de l'augmentation de pression due à la dissociation du gaz carbonique. Il en résulte une augmentation de rendement qui, comme le montre l'expérience, surpasse d'abord la diminution due aux autres causes. Nous donnons ci-dessous la valeur du maximum du rendement en fonction de la pression.

Capacité en M. F.	Pression initiale en millimètres de mercure.	Rendement maximum pour 100.
2,26	mm 1,550	20
2,26	1,900	18
2,26	3,400	15,8
2,26	8,700	13,3

On voit que le rendement décroît légèrement quand la pression croît.

Tous ces résultats, qui complètent ceux que nous avons publiés dans des Notes antérieures [1], s'accordent avec les conclusions théoriques que nous

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1026 et 1145; **183**, 1926, p. 784.

avions déduites de l'étude de la dissociation thermique du gaz carbonique. Étant donné toutefois que l'énergie de la décharge électrique n'est que partiellement utilisée sous forme d'énergie chimique, les nombres qui traduisent le rendement sont notablement inférieurs à ceux que l'on peut calculer en supposant que l'étincelle produit dans le gaz uniquement un dégagement thermique absorbé quantitativement par ce dernier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de synthèse des aldéhydes α bromées.* Note de M. **Albert Kirrmann**, présentée par M. Ch. Moureu.

Les aldéhydes de la série grasse subissent très facilement l'action du brome. L'œnanthol par exemple l'absorbe dès 0° avec décoloration instantanée, échauffement de la masse et sans dégagement d'acide bromhydrique, exactement comme ferait un carbure éthylénique. Cette action ne conduit pourtant pas à des produits facilement isolables. Aussi ne connaît-on guère d'aldéhyde α bromée. Nef (¹) a obtenu l'aldéhyde propylique α bromée, qu'il décrit comme bouillant de 42 à 50° sous 60^{mm}. C'est dire que son produit n'était certainement pas très pur. Quant à Étard (²), qui pense avoir obtenu le bromobutanal par action du brome sur l'alcool butylique, il indique comme seule constante le point d'ébullition 235°, qui est certainement beaucoup trop élevé. Franke (³) a tourné la difficulté en opérant sur la forme para des aldéhydes propylique et isobutyrique. Il a bien obtenu la substitution des trimères, mais il ne donne aucune constante des monomères qu'il en a tirés. De même Freundler (⁴) a bromé la paraldéhyde, mais n'a isolé que l'acétal bromé.

Par des artifices très simples j'ai réussi à obtenir facilement ces corps intéressants. Il suffit de prendre les réactifs sous forme naissante pour ainsi dire, à savoir l'acétal d'une part, le chlorobromure de phosphore de l'autre. L'acétal s'obtient très facilement à partir de l'aldéhyde ou, lorsque celle-ci est peu accessible, comme l'aldéhyde valérique normale, directement par l'action de l'éther de Kay sur les magnésiens. Les éthylacétals permettent d'isoler facilement du bromure d'éthyle à la fin de la réaction, ce qui con-

(¹) *Ann. Liebig*, 335, 1904, p. 264.
(²) *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 754.
(³) *Ann. Liebig*, 351, 1907, p. 423.
(⁴) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 1, 1907, p. 71.

duit à l'équation suivante :

$$R - CH^2CH(OR')^2 + 2PCl^3Br^2$$
$$\rightarrow R - CHBr - CHO + 2R'Br + HBr + POCl^3 + PCl^3.$$

Les méthylacétals sont entièrement décomposés en général. A la fin de la réaction on retrouve en effet de l'aldéhyde mise en liberté mais non substituée. Les éthylacétals par contre sont assez stables pour qu'on en récupère une partie intacte.

Le rendement dépasse 60 pour 100 pour les méthylacétals des aldéhydes œnanthylique et isovalérique; il est à peine moins bon pour l'éthylacétal amylique normal. Pour les premiers termes des réactions parasites troublent la marche de la réaction. Ainsi dans le cas de l'aldéhyde butylique la substitution peut aller plus loin et conduire à une aldéhyde dibromée.

J'ai en effet isolé un produit qui, d'après les constantes et la teneur en brome, répond à la formule $C^2H^5CBr^2CHO$,

$$Éb^{17} = 53^\circ; \quad d^{21} = 1,862; \quad n^{21} = 1,5098.$$

Réfraction moléculaire : trouvée 36,92; calculée 36,21.

Il donne une combinaison bisulfitique.

La stabilité croissante des acétals à chaîne carbonique courte donne lieu à la formation d'acétals substitués pour les premiers termes.

L'aldéhyde propylique ne m'a donné que des produits d'une purification pénible et incomplète. J'ai isolé, outre l'aldéhyde attendue, son acétal $CH^3CHBrCH(OCH^3)^2$. C'est un corps ne réagissant pas sur le bisulfite, bouillant à 49°-50° sous 16^{mm} et à 151°-152° (corr.) sous 760^{mm}; $d^{20} = 1,360$; $n^{20} = 1,4482$; réfraction moléculaire 36,05 au lieu de 36,35. Cet acétal avait été obtenu par Wohl (1).

La méthode de synthèse indiquée est pratiquement applicable à partir de C^4 et donne de bons rendements à partir de C^5. Toutes les aldéhydes obtenues distillent dans le vide sans décomposition. Elles sont parfaitement incolores et ne brunissent que très lentement. Le réactif de Schiff les colore en violet et elles donnent facilement des composés bisulfitiques. Leur odeur est écœurante pour les termes élevés, piquante pour les premiers. En C^3 et C^4 elles sont énergiquement lacrymogènes.

---

(1) *Ber. Chem. Ges.*, 41, 1908, p. 3605.

	Ébullition.			Densité.	Indice.	Temp.	Réfraction moléc. trouvée.	calculée.
$CH^3CHBrCHO$	109°-110°	sous	760^{mm}	1,592	1,4813	20°	24,50	23,98
	52-54	»	80	–	–	–	–	–
$C^2H^5CHBrCHO$	33	»	15	1,469	1,4683	20	28,59	28,58
n-$C^3H^7CHBrCHO$	49	»	12	1,368	1,4640	20	33,28	33,18
iso-$C^3H^7CHBrCHO$	43-44	»	14	1,353	1,4610	21	33,45	33,18
n-$C^5H^{11}CHBrCHO$	80	»	11	1,256	1,4652	20	42,51	42,38

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la formation à l'état instable de deux hydrates de platocyanure de magnésium.* Note de M. **Paul Gaubert**, présentée par M. Fréd. Wallerant.

Les conditions de formation, par cristallisation dans une solution, des quatre hydrates de platocyanure de magnésium, ont été déterminées par G. Tammann et H. Buxhoevden (hydrates à 7, 5, 4 et 2 molécules d'eau de 0° à 100°). En étudiant de nouveau la production et la transformation de ces hydrates, j'ai constaté que deux d'entre eux peuvent apparaître tout à fait en dehors de leur domaine de stabilité.

Ainsi l'évaporation, sur une lame de verre, d'une goutte de solution en voie de refroidissement, au-dessous de 30°, ne donne d'abord que les cristaux rouges à $7H^2O$, se formant surtout sur les bords. Ils se présentent en baguettes plus ou moins allongées suivant l'axe vertical c (cristaux quadratiques optiquement positifs). Ensuite, vers le milieu de la goutte, surtout si la cristallisation est rapide, par suite de la sursaturation produite par le refroidissement et la faiblesse de la diffusion, il se forme des cristaux bacillaires, incolores, devenant rouges en quelques secondes, mais parfois au bout de plusieurs minutes seulement. Ils ressemblent alors aux cristaux rouges déposés en premier lieu.

L'examen optique de ces cristaux montre que l'extinction a lieu suivant leur longueur, que c'est le petit indice de réfraction qui coïncide avec l'axe d'allongement et que la biréfringence est beaucoup plus faible que celle des cristaux à $7H^2O$. Ils possèdent par conséquent les propriétés optiques de ceux de l'hydrate incolore à $2H^2O$, obtenu par l'évaporation d'une solution alcoolique et aussi celle de lamelles carrées perpendiculaires à un axe optique négatif, produites par la déshydratation des autres hydrates vers 100° dans un liquide inerte, comme la naphtaline monobromée. Par

conséquent, c'est bien l'hydrate à $2H^2O$ qui s'est formé, bien que dans une solution, il ne se dépose qu'au-dessus de 87° environ, et non une modification polymorphique de l'hydrate à $7H^2O$.

Les cristaux incolores rougissant peu à peu, il semble, à première vue, que l'eau pénètre graduellement dans le réseau de l'hydrate incolore et qu'il doit exister tous les types intermédiaires entre les composés à $2H^2O$ et $7H^2O$.

L'examen microscopique montre qu'il n'en est rien. Sur le cristal incolore, il se produit de très petits bâtonnets rouges, à arêtes rectilignes, dont les propriétés sont celles des cristaux rouges. En s'accroissant, ils arrivent à se toucher et finalement la baguette primitivement incolore est constituée par l'hydrate à $7H^2O$, ayant par conséquent la même orientation que le cristal à $2H^2O$. Le cristal, d'abord optiquement négatif, est devenu positif en même temps que sa biréfringence a fortement augmenté. Le même cristal déshydraté sur SO^4H^2, ne conservant que $2H^2O$, redevient négatif et de nouveau positif s'il est replacé dans l'air humide.

La formation à la température ordinaire de l'hydrate à $2H^2O$ explique la discordance des résultats, obtenus par les divers observateurs (Tammann et Buxhoevden, Weselsky, Schaffarick, etc.), relatifs à la quantité d'eau contenue dans l'hydrate rouge. Elle permet aussi de supposer que c'est à l'existence unique de cet hydrate à $2H^2O$ dans la solution de platocyanure, qu'il faut attribuer le manque de coloration de cette dernière, puisque tous les autres hydrates et même le sel anhydre ont une couleur particulière.

La production anomale de l'hydrate à $7H^2O$, à une température bien supérieure à celle à laquelle il est stable (45°), est encore plus singulière que celle de l'hydrate à $2H^2O$ à cause des conditions particulières de sa formation.

L'évaporation d'une solution de 60 à 100° sur une lame de verre donne des cristaux à $2H^2O$ (au-dessus de 87°) ou à $4H^2O$. Quelques secondes après la formation du dépôt, dont la température est à ce moment, à cause de la minceur de ce dernier, celle de la lame de verre, apparaît sur la couche de cristaux déposés comme un voile rouge disparaissant presque aussitôt (en moins d'une seconde, si la plaque est chauffée au-dessus de 100° et en 3 ou 4 secondes à 70°). Suivant la température, il se reforme les hydrates à $2H^2O$ ou $4H^2O$. Un petit jet de gaz comprimé et à la température ordinaire, dirigé sur le dépôt, favorise la formation de ce voile rouge et prolonge sa durée, ce qui permet de voir au microscope qu'il s'agit de la production éphémère de l'hydrate rouge à $7H^2O$. Le voile ne se produit

qu'une fois. Un jet de vapeur chaude sur la couche décolorée n'a aucune influence pour une nouvelle hydratation. Par conséquent les hydrates à 2 et $4H^2O$ n'ont une affinité particulière pour l'eau qu'un moment après leur formation. A cause de la température élevée à laquelle se fait l'hydratation, la tension de vapeur contenue dans l'air est très faible, aussi l'eau nécessaire ne doit pas provenir de ce dernier. Je crois plutôt qu'il s'agit de celle qui a été adsorbée, pendant leur formation rapide, par les cristaux des deux hydrates à 2 et $4H^2O$, eau qui, avant de se dégager définitivement, contribue à former l'hydrate rouge à $7H^2O$. Cette idée est appuyée par le fait (1) que les cristaux de platocyanure de magnésium à 2 et $4H^2O$ peuvent probablement adsorber, dans certaines conditions, de l'eau provenant de la déshydratation de l'hydrate à $7H^2O$ et la céder de nouveau pour la formation de ce dernier.

GÉOLOGIE. — *Que la variation des longitudes peut être attribuée à une autre cause que la dérive des continents.* Note (2) de M. **Ch. Gorceix**, transmise par M. Pierre Termier.

La fixité des coordonnées géographiques d'un lieu, dans la géographie actuelle, n'a été mise en doute que depuis quelques années, à la suite de l'énoncé de l'hypothèse de Wegener. Mais les géologues savent depuis longtemps, par les plissements et les charriages, que ces coordonnées ont dû varier beaucoup au cours des âges géologiques. Pour concevoir cette possibilité, point n'est besoin de supposer l'écorce terrestre comme formée d'une série d'îlots séparés par un milieu différent. Il est plus vraisemblable de la considérer comme un ensemble continu, d'épaisseur variable, plus faible sous les océans, pouvant glisser sur le même milieu visqueux qui, dans la précédente hypothèse, sépare les îlots, mais dans des limites restreintes, et non d'une façon continue et dans une direction unique.

En certains points du globe, ces mouvements ont encore lieu et il est probable que le Groenland est dans ce cas, puisqu'une variation dans sa longitude aurait été constatée au cours du dernier siècle, variation encore douteuse en raison de l'inexactitude de la méthode employée jusqu'à

---

(1) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 383.

(2) Séance du 21 février 1927.

l'invention de la T. S. F. Elle serait au maximum de 30^m par an et le continent se dirigerait vers l'Ouest.

Nous allons montrer qu'une simple diminution du rayon polaire (ou en sens inverse une augmentation) peut produire le même effet sans que la variation de l'aplatissement soit sensible à nos observations, même très espacées dans le temps.

Dans une Note précédente [1] j'ai montré que la forme de la Terre était celle d'un ovoïde, le gros bout au pôle boréal, et dans d'autres travaux j'ai indiqué la cause de cette forme et l'influence de ses variations sur l'origine des grands reliefs terrestres.

Supposons que la cause qui a produit cette forme existe toujours, même, si l'on veut, avec une réduction dans son intensité, l'aplatissement augmentera, par exemple. Il en résultera une variation dans la longueur du parallèle très difficile à en déduire par le calcul, sinon impossible; néanmoins des calculs approchés montrent que le rapport des deux variations augmente lorsque la station considérée se rapproche du pôle, de sorte que le Groenland se trouve dans une situation favorable pour la constatation du phénomène, s'il existe.

La variation dans la longueur du parallèle entraîne des plissements ou des étirements qui évidemment produisent dans les longitudes relatives des changements du même ordre de grandeur pour certaines régions, celles qui sont séparées par ces accidents.

Donc la constatation de variations dans les longitudes de certains points n'implique pas forcément une dérive du continent où on les constate; elle prouve tout aussi bien une variation dans l'aplatissement du géoïde considéré comme ayant une croûte continue. Il est même probable que la multiplicité des observations répétées sur une longue période ne puisse donner un meilleur résultat.

---

[1] Ch. Gorceix, *Constatation métrique de la forme ovoïde de la Terre* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 152).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la périodicité des situations magnétiques troublées observées au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux.* Note (¹) de M. C.-E. BRAZIER, présentée par M. Daniel Berthelot.

En 1912-1913, Chree (²) a étudié, par un procédé purement statistique, la loi de récurrence des orages magnétiques. Il a choisi pour chaque mois d'une période de 11 années les 5 jours les plus troublées et, en comparant leurs caractères magnétiques à ceux des 3 jours précédents et des 35 jours suivants, il a montré que les perturbations magnétiques avaient tendance à se reproduire à 27 jours d'intervalle. Cet intervalle est sensiblement égal à la durée de la rotation synodique des taches solaires ($27^j,275$, d'après Carrington). Si l'on représente par R cette durée, les situations magnétiques troublées se reproduiraient donc à des intervalles sensiblement égaux à des multiples entiers de R.

Au cours de l'année 1926 M. H. Deslandres (³), en comparant les inscriptions des magnétographes avec les observations de taches solaires, a trouvé une loi de périodicité plus complexe. D'après lui certains orages magnétiques, généralement les plus importants, sont séparés par des intervalles multiples de $R/6$; d'autres, moins forts, occupent le milieu des intervalles précédents et correspondent aux multiples de $R/12$; enfin, une troisième série de perturbations encore plus faibles et reliées aux multiples de $R/24$ vient s'intercaler vers le milieu des intervalles des deux premières.

J'avais moi-même, en 1923, entrepris sur cette question une étude que les circonstances m'ont obligé d'abandonner provisoirement. Quoique le travail ne soit achevé que pour 36 années d'observations faites au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux, de 1883 à 1918, j'espère que les résultats, à cause du procédé impartial que j'ai employé pour les obtenir, ne paraîtront pas complètement dépourvus d'intérêt.

Partant de l'idée qu'en l'absence d'une définition précise des orages magnétiques, et dans l'état actuel de nos connaissances sur le mécanisme de leur production, aucune perturbation ne doit être éliminée *a priori*, j'ai cherché à déterminer la périodicité des situations magnétiques perturbées

(¹) Séance du 14 février 1927.

(²) *Phil. Trans.*, A, **212**, 1912, p. 75, et **213**, 1913, p. 245; *Nature*, **118**, 1926, p. 335.

(³) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 296, 669, 733, 1031; **183**, 1926, p. 165, 493, 1313.

en utilisant un procédé purement statistique complètement différent de celui de Chree, mais également indépendant de toute hypothèse concernant la cause des perturbations et leurs relations avec les phénomènes cosmiques. Afin d'éviter toute définition arbitraire de l'époque à laquelle doivent être rapportées les perturbations, époque qu'il est parfois difficile de fixer d'une manière précise, j'ai préféré étudier la distribution dans le temps, non des orages magnétiques, mais des journées perturbées en admettant comme telles toutes celles où l'on a noté une perturbation sans distinction de degré ni de durée.

Si une certaine loi de périodicité préside à la répartition des journées perturbées, cette loi doit se traduire par la tendance que manifestent les intervalles qui les séparent à se grouper autour de certaines valeurs déterminées. Mais il est évident que l'on ne doit pas se borner à étudier les intervalles existant entre chaque journée perturbée et celle qui la suit immédiatement, car, si certaines journées peuvent être la réplique de journées perturbées précédentes, d'autres, en nombre variable et peut-être absolument indépendantes, peuvent venir s'intercaler entre la journée initiale et ses répliques.

J'ai donc déterminé la fréquence des intervalles de diverses durées séparant les journées perturbées dans le cas où ces intervalles comprenaient 0, 1, 2,... jusqu'à 10 journées elles-mêmes perturbées et je n'ai fait entrer en ligne de compte que les intervalles dont la durée était au plus égale à 100 jours.

Les résultats sont les suivants :

I. Si l'on fait abstraction des intervalles dont la valeur est au plus égale à 3 jours et dont la fréquence très élevée peut résulter en grande partie de la durée des situations magnétiques troublées — certaines d'entre elles se prolongeant parfois, quoique très rarement, une semaine entière — les maxima de fréquence qui se détachent nettement sont, par ordre de durée : 13 jours ; 26, 27, 28 jours ; 52, 53 jours ; 74, 75 jours ; 81 jours.

II. Si l'on se borne à considérer les intervalles comprenant au plus 5 journées perturbées, les maxima les plus nets sont, toujours par ordre de durée : 12, 13 jours ; 26, 27, 28 jours ; 40, 41 jours ; 48 jours ; 52, 53 ; 54, 55 jours ; 74, 75, 76 jours ; 81 jours.

Ces résultats tendraient donc à montrer que les journées où il y a des perturbations magnétiques, auraient une tendance à se succéder à des intervalles dont la durée approchée serait égale à l'un des nombres que l'on obtient en multipliant par un facteur fractionnaire simple, compris entre 0,5 et 3, la période de rotation synodique des taches solaires.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La substance azotée, chez une plante ligneuse, au cours d'une année de végétation.* Note de M. **R. Combes**, présentée par M. M. Molliard.

J'ai antérieurement insisté sur l'intérêt qu'il y a, pour l'étude de certaines questions de physiologie végétale, à déterminer, dans les dosages effectués sur les tissus des plantes, les quantités absolues des substances recherchées, en les rapportant à un nombre déterminé d'organes ou d'individus, et à analyser les plantes dans leur totalité de façon à pouvoir faire le bilan des substances considérées pour les divers organes à chacun des stades de la végétation.

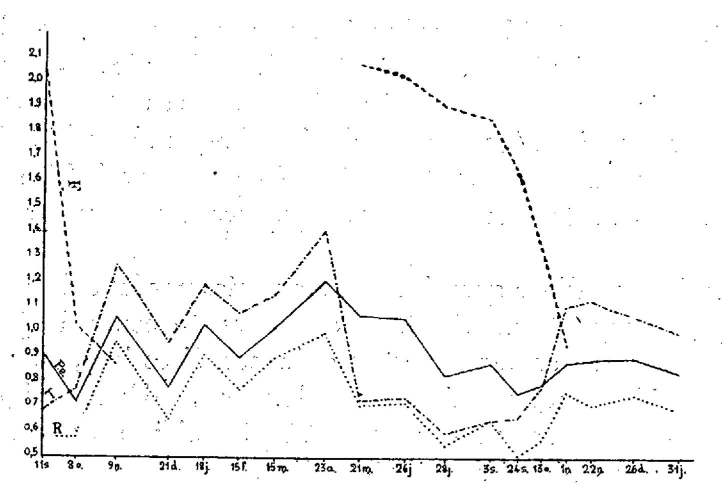
L'étude des variations quantitatives éprouvées par les substances azotées des différents organes du Chêne et du Hêtre au cours du jaunissement automnal, effectuée en tenant compte de ces directives, m'a conduit à mettre en évidence un certain nombre de faits relatifs aux migrations que subissent ces substances en automne. J'ai poursuivi mes recherches en les étendant à la végétation d'une année entière.

Les analyses ont porté sur le Hêtre jeune, âgé de 2 ans au moment où les premières récoltes ont été faites. Ces récoltes eurent lieu tous les vingt ou trente jours, pendant 16 mois, du 11 septembre 1924 au 31 janvier 1926.

Parmi les résultats obtenus, je me bornerai ici à indiquer les quantités relatives d'azote — exprimées pour chaque organe, et à chacun des stades, par la teneur en azote de 100^{g} de substance sèche — en les réunissant dans les courbes ci-après, et à résumer les faits qui se dégagent de l'examen de ces quantités relatives d'une part et des quantités absolues d'autre part.

Chez le Hêtre jeune, la tige et la racine perdent environ la moitié de leurs substances azotées au moment où se développent les jeunes feuilles; elles en accumulent au contraire, aux dépens des feuilles, lorsque celles-ci jaunissent et se préparent à tomber. Une partie des matières azotées de la tige et de la racine émigre donc, au début de la période active de végétation, pour aller constituer les feuilles, puis revient vers les organes vivaces un peu avant la chute des feuilles. La tige et la racine contiennent ainsi plus de matières azotées en hiver qu'en été. Les variations de la teneur en azote se produisent, au cours de l'année, dans le même sens, et à peu près en même temps chez la tige et chez la racine, mais elles sont d'amplitude plus grande

dans la tige; cette dernière, d'autre part, reste plus riche en azote que la racine pendant presque toute la durée du développement; l'appauvrissement en azote au printemps et l'enrichissement en automne y sont beaucoup plus accentués que dans la racine. Les courbes ci-dessous font apparaître la tige comme jouant le rôle prépondérant dans la mise en réserve des substances azotées.



Courbes de variation du rapport de l'azote à la substance sèche dans les divers organes du Hêtre F., feuille; T., tige; R., racine; P. e., plante entière.

Il y a lieu de remarquer la forte proportion des substances azotées que contiennent les feuilles dès leur apparition, et qu'elles conservent jusqu'en septembre. On comprend l'enrichissement en azote qui se produit chez les organes vivaces aux approches du repos hivernal; il y a bien là un phénomène de mise en réserve; on s'explique moins facilement que les feuilles accumulent, pendant toute la période de leur vie active, trois fois plus d'azote que les autres organes; la richesse des feuilles en chloroplastes paraît insuffisante pour expliquer cette teneur élevée. Les courbes ci-dessus mettent en évidence un fait qui pourra contribuer à élucider cette question : l'excès d'azote que présentent les feuilles par rapport aux organes vivaces est précisément la part d'azote qui abandonne les feuilles au moment du jaunissement automnal.

J'ai exposé antérieurement les raisons qui conduisent à admettre qu'il se produit en automne une véritable évacuation de substances des feuilles vers les organes vivaces. Cette étude des variations de l'azote, au cours de plus d'une année de végétation, dans les divers organes de Hêtres soumis à l'analyse dans leur totalité, montre mieux encore la signification, si discutée,

de la baisse de l'azote qui a lieu en automne dans la feuille, et le rôle qu'elle joue dans l'ensemble du développement d'une plante ligneuse. Cette baisse dans la feuille, corrélative d'une mise en réserve dans la tige et la racine, est la contre-partie du phénomène inverse — diminution dans les organes vivaces et émigration vers les jeunes feuilles — qui se produit au printemps. Ce transport de substances qui a lieu en octobre, des feuilles vers la tige et la racine, est un phénomène particulier à la vie des arbres en automne, c'est bien là une véritable évacuation, comme l'est le transport de substances qui se produit en sens inverse en mai, autre phénomène particulier, lui, à la vie des arbres au printemps.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution de la kirondrine α.* Note de MM. **Volmar** et **Samdahl**, présentée par M. Guignard.

Nous avons indiqué dans une précédente Note [1] la préparation de la kirondrine α à partir des graines de Kirondro (*Perriera madagascariensis; — Simarubacées*), sa séparation de la kirondrine β et ses principales propriétés physiques et chimiques. Continuant cette étude, nous nous sommes proposé de déterminer sa composition et les principales fonctions chimiques qu'elle renferme.

1. *Détermination de la formule brute.* — Ne disposant que d'une petite quantité de kirondrine α, nous avons employé la méthode de microanalyse indiquée par Pregl, permettant d'opérer sur quelques milligrammes de substance :

a. La kirondrine α ne renferme ni azote, ni soufre, ni halogènes.

b. Le carbone et l'hydrogène y ont été dosés par microcombustion, et nous avons obtenu les résultats suivants :

C pour 100	59,42	59,54
H »	7,76	7,79

c. Son poids moléculaire, déterminé par microébullioscopie en solution alcoolique, a été trouvé égal à

$$M = 468.$$

Ces résultats nous permettent de lui attribuer la formule brute :

$$C^{24}H^{37}O^{10}.$$

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 393.

	Calculé.	Trouvé (moyenne).
C pour 100	59,35	59,48
H »	7,69	7,77
O »	32,96	32,75
Poids meléculaire	4,85	4,68

2. *Constitution de la kirondrine.* — 1° La kirondrine α donne les principales réactions des alcaloïdes, mais elle ne renferme pas d'azote; elle n'appartient donc pas à ce groupe de substances.

2° Elle réduit à froid, et surtout à chaud, la liqueur de Fehling, elle donne la réaction de Brunner-Petten-Koffer à la bile et à l'acide sulfurique, celles à la phloroglucine et à la résorcine, mais les réactions ne sont pas spécifiques des sucres et se produisent avec la plupart des corps renfermant des fonctions aldéhydiques (vanilline, oxyméthylfurfurol, etc.).

3° Traitée par le chlorhydrate de phénylhydrazine et l'acétate de sodium, soit directement, soit après hydrolyse préalable par l'acide chlorhydrique, elle ne donne pas de glucosazone. Aucune hydrolyse n'a pu être constatée, ni par les acides, ni par l'émulsine; aussi peut-on conclure que la kirondrine α n'est pas un glucoside.

4° La kirondrine α est soluble dans l'eau, et ses solutions aqueuses, neutres aux réactifs colorés, deviennent légèrement acides par ébullition prolongée, ce qui indique qu'elle renferme une fonction anhydride d'acide ou lactone. La coloration jaune foncé qu'elle donne en se dissolvant dans les alcalis et sa disparition par addition d'un excès d'acide montre qu'il s'agit vraisemblablement d'une lactone.

5° La kirondrine réduit, outre la liqueur de Fehling, le réactif de Nessler, l'acide picrique et le nitrate d'argent ammoniacal; ce pouvoir réducteur, qui ne provient pas de la formation de glucose par hydrolyse, est probablement dû à la présence d'une ou plusieurs fonctions aldéhydiques.

6° Elle ne décolore pas le brome à froid en solution chloroformique et ne donne aucune coloration avec le perchlorure de fer : elle ne renferme donc ni double liaison, ni oxhydrile phénolique.

7° Sa fluorescence intense, jaune verdâtre sous l'influence des réactions ultraviolettes et son analogie avec la quassine semblent la rattacher au groupe de l'anthracène.

La trop petite quantité de substance dont nous disposions ne nous a pas permis de déterminer plus complètement sa constitution, mais il nous est possible de déduire des réactions que nous avons étudiées

que la *kirondrine α est un principe amer et toxique, qui n'est ni un alcaloïde, ni un glucoside, mais une lactone, renfermant une ou plusieurs fonctions aldéhydiques,* se rapprochant ainsi des autres substances retirées des Simarubacées : la *simarubine* de Gilling (¹), la *samaderine* de Van den Marck (²), l'*ailanthine* de Hooper (³), et surtout la quassine étudiée par Massute (⁴) et Oliveri et Denaro (⁵), dont elle se distingue d'ailleurs nettement par la coloration violette qu'elle donne avec l'acide sulfurique concentré.

CHIMIE AGRICOLE. — *Étude du mécanisme des échanges d'ions dans le complexe argile-chaux.* Note (⁶) de MM. **A. Demolon** et **G. Barbier**, présentée par M. L. Lindet.

L'un de nous a montré (⁷) le rôle important des colloïdes argileux dans le pouvoir absorbant des sols de limon dont la terre à briques peut être considérée comme la roche mère. Nous étudions ici plus complètement l'évolution du complexe fondamental argile-chaux.

1° *Cas des chlorures alcalins.* — Nous avons opéré sur une argile colloïdale extraite de la terre à briques, ayant fixé 2,66 pour 100 de CaO de l'eau de chaux. Nous avons déterminé les concentrations en CaO dans le liquide (x) et dans l'argile (y) pour une série d'équilibres observés avec un même volume (200^{cm^3}) de solutions équivalentes de KCl, NaCl, $(NH^4)Cl$ au contact de poids variables d'argile ($0^g,25$ à 5^g). La concentration uniforme en sel correspondait à 2 pour 100 de KCl. Des recherches préliminaires nous ont montré que pour des concentrations de cet ordre la chaux déplacée varie assez faiblement avec la concentration saline pour que ce facteur puisse être considéré comme négligeable dans nos expériences. Il n'en serait pas de même au voisinage de 0,1 pour 100.

Les courbes obtenues correspondent aux équations suivantes :

NaCl .... $y = 3,09 \times x^{0,60}$
KCl .... $y = 1,70 \times x^{0,43}$
$(NH)^4Cl$ .... $y = 1,26 \times x^{0,64}$

(¹) *Pharm. Journ.*, **2**, 1908, p. 30.
(²) *Arch. der Pharm.*, **239**, 1901, p. 96.
(³) *Pharm. Journ.*, **2**, 1895, p. 345.
(⁴) *Arch. der Pharm.*, **228**, 1890, p. 147.
(⁵) *Gazz. Ch. ital.*, **14**, 1884, p. 1.
(⁶) Séance du 21 février 1927.
(⁷) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1235, et **183**, 1926, p. 1121.

Le tableau suivant donne le degré de concordance entre les résultats expérimentaux et les chiffres calculés d'après les équations précédentes.

Poids d'argile employés.	Concentrations d'équilibre en CaO — dans le liquide en grammes par litre (trouvées). NaCl.	KCl.	NH⁴Cl.	dans l'argile (en grammes, pour 100g d'argile). NaCl. trouvées.	NaCl. calculées.	KCl. trouvées.	KCl. calculées.	NH⁴Cl. trouvées.	NH⁴Cl. calculées.
g 0,250..		0,029	0,032			0,35	0,37	0,13	0,14
0,500..		0,054	0,062			0,52	0,49	0,19	0,21
0,750..	0,075	0,078	0,089	0,67	0,65	0,57	0,57	0,29	0,27
1,000 .		0,0975	0,115			0,71	0,63	0,36	0,31
1,5....	0,130	0,140		0,94	0,91	0,79	0,74		
2,0....			0,220					0,46	0,47
2,5....	0,190	0,224	0,266	1,15	1,14	0,87	0,88	0,53	0,54
4,0....		0,336	0,400			0,98	1,05	0,66	0,69
5,0....	0,300			1,47	1,50				

L'échange de l'ion Ca du complexe argile-chaux avec (NH^4)(K)(Na) est donc régi par une formule d'adsorption avec ses diverses conséquences. L'examen des courbes qui se superposent dans l'ordre (NH^4)(K)(Na) indique que le pouvoir décalcifiant décroît dans le même ordre; l'énergie de fixation de ces trois ions varie dans le même sens, avec minimum pour Na.

Le tableau suivant montre mieux la marche de la décalcification pour un même poids (4^g) d'argile traité, comme plus haut, avec renouvellements successifs de la solution (200^{cm^3}) :

Numéros des passages.	CaO déplacée (en grammes, pour 100g d'argile à l'équilibre). KCl.	NH⁴Cl.	NaCl.	HCl.	Acide acétique.
1er.....	1,68	2,00	1,32	2,48	2,35
2e......				0,18	
				3e pass. : nulle	
5e......	0,89	non nulle 0,60			
10e.....	non nulle				
Au total.	en 10 pass. : 2,57	en 5 pass. 2,60		en 2 pass. : 2,66	

Dans la détermination de la chaux échangeable des sols, on utilise, en général, une solution de (NH^4)Cl (Gedroiz, Hissink), qui nécessite de nombreux passages successifs. En ce qui concerne la chaux liée aux colloïdes argileux, l'acide chlorhydrique dilué (2 pour 100 en vol.) donne pratiquement les mêmes résultats en un seul passage si le rapport argile-solution ne dépasse pas $\frac{1}{100}$.

2° *Action de* CO^2 *dissous.* — Nous avons montré antérieurement que le bicarbonate de chaux assure la neutralisation théorique de l'argile colloïdale dans une électrode hydrogène où CO^2 est éliminé par le courant d'hydrogène. Cette neutralisation absorbe environ 1 pour 100 du poids d'argile. Les équilibres observés dans l'action d'une solution de $CO^2 \frac{N}{16}$ sur notre complexe argileux ont fourni les résultats suivants :

Poids d'argile.	Volumes de solution.	Concentrations d'équilibre en CaO dans l'argile (y).	dans le liquide (x).
1° Complexe à 2,67 % CaO.			
6g,6	135 cm³	1,693	0,478
3,0	125	1,266	0,336
2,0	210	1,043	0,155
1,25	260	0,845	0,088
0,900	310	0,83	0,053
2° Complexe à 1,16 %.			
2,0	250	0,80	0,029
2,0	570	0,57	0,021
0,75	640	0,45	0,008

La courbe comporte deux branches qui se raccordent au voisinage de la neutralité. Au delà, le rapport $\frac{dy}{dx}$ est petit, c'est-à-dire que la décalcification est intense; en deçà, le même rapport est élevé et correspond à une résistance croissante à la décalcification. Il en résulte en particulier que la méthode d'Hutchinson ne peut assurer la neutralité théorique d'un sol acide que si elle ne renferme pas de CO^2 dissous en excès.

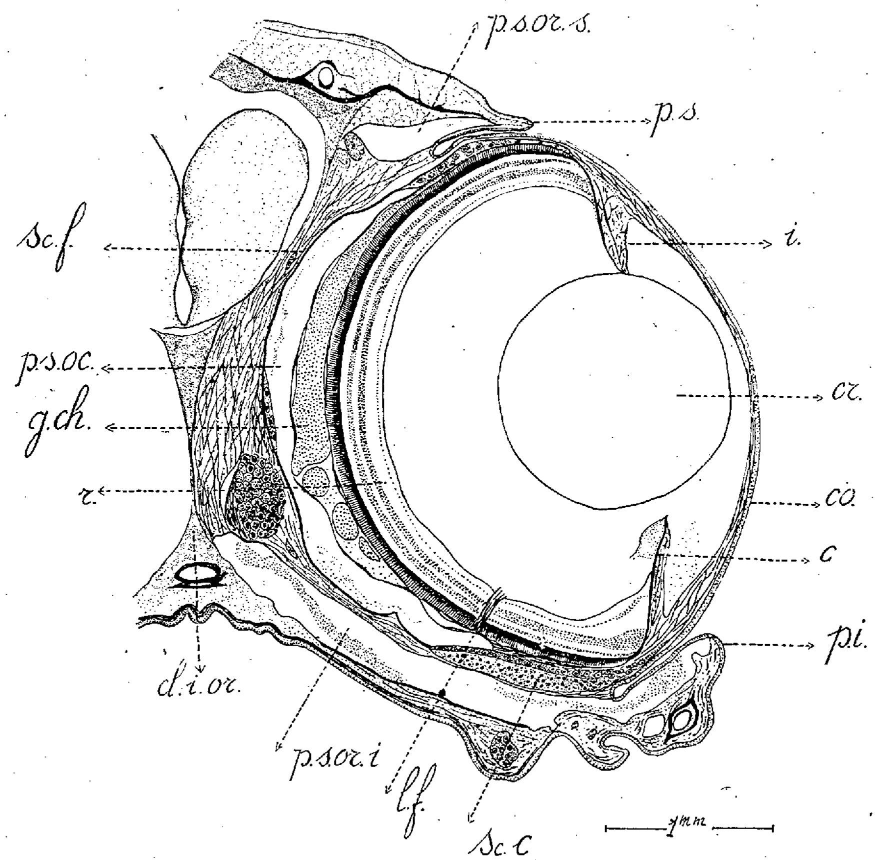
En résumé, grâce aux colloïdes argileux et par voie d'équilibres, la nature tend à ralentir les phénomènes de décalcification au fur et à mesure de leur progression.

ANATOMIE. — *Sur l'existence de poches séreuses dans l'orbite et dans l'œil des Téléostéens.* Note de MM. **A. Rochon-Duvigneaud** et **M.-L. Verrier**, présentée par M. Ch. Gravier.

L'un de nous, en énucléant l'œil d'une grosse truite, fut frappé de la quantité de liquide aqueux qui s'écoula au cours de l'opération. Il crut avoir crevé le globe oculaire qui cependant fut reconnu intact.

Sur des coupes microscopiques comprenant l'œil et la cavité orbitaire nous avons constaté l'existence de cavités séreuses dont le contenu se vide nécessairement quand on incise l'orbite.

Elles sont représentées sur la figure ci-dessous qui montre une coupe



p. s. or. s., poche séreuse orbitaire supérieure; *p. s.*, paupière supérieure; *i*, iris; *cr.*, cristallin; *co.*, cornée; *c*, campanule; *p. i.*, paupière inférieure; *sc. c.*, partie cartilagineuse de la sclérotique; *l. f.*, ligament falciforme, *p. s. or. i.*, poche séreuse orbitaire inférieure; *cl. i. or.*, cloison interorbitaire; *r*, rétine; *g. ch.*, glande choroïdienne; *p. s. oc.*, poche séreuse intraoculaire; *sc. f.*, portion fibreuse de la sclérotique.

vertico-transversale de l'orbite et de l'œil d'un exemplaire de *Salmo fontinalis* long de 55^{mm}. On voit en haut une petite cavité séreuse *p. s. or. s.*, et en bas une seconde beaucoup plus grande *p. s. or. i.* Ces *poches séreuses orbitaires supérieure et inférieure* sont séparées de la sclérotique par leur membrane propre et une petite épaisseur de tissu conjonctif muqueux.

Elles sont largement séparées l'une de l'autre. On ne les rencontre que

sur les coupes verticales; elles manquent sur les coupes transversales, ce qui implique que l'une et l'autre n'occupent qu'un secteur en haut et en bas.

Sur la même figure, on constate l'existence d'une autre cavité séreuse, de même nature que les précédentes, mais située dans l'œil, entre la sclérotique et le lobule vasculaire connu sous le nom de glande choroïdienne (*g. ch.*). Cette *poche séreuse intraoculaire* (*p. s. oc.*) a une étendue considérable : elle répond à toute la portion fibreuse de la sclérotique (*Sc. f.*) qui représente environ les deux tiers postérieurs de cette enveloppe. La poche intraoculaire est unique; le nerf optique la traverse, engainé par un feuillet réfléchi de la paroi de la poche. On la trouve aussi bien sur les coupes transversales que sur les verticales.

Structure. — Toutes ces cavités ou poches sont limitées par une fine membrane conjonctive, parfaitement individualisée et paraissant revêtue d'un endothélium.

Contenu. — Sur les coupes, le contenu des poches n'est apparent que sous la forme d'un fin précipité granuleux, dû à l'action des fixateurs (Bouin ou Zenker) sur les substances dissoutes. Le même précipité, moins abondant, se montre dans la chambre antérieure.

Physiologie. — Les poches séreuses semblent disposées pour jouer un rôle de coussinet protecteur pour l'œil quand le poisson subit des pressions considérables. La *glande choroïdienne*, *la poche séreuse intraoculaire* et *la portion souple de la sclérotique* semblent disposées pour jouer synergiquement le rôle d'un appareil élastique sur lequel repose directement la rétine.

Des expériences restent à faire à ce sujet. Le liquide de la poche orbitaire joue un rôle dans la statique du globe. Facilement accessible au fond du repli palpébral inférieur, nous avons pu le ponctionner en ce point chez une carpe vivante : une quantité appréciable de liquide s'est écoulée, et l'œil s'est quelque peu enfoncé dans l'orbite, pour reprendre sa saillie normale au bout d'une demi-heure.

Les deux cavités séreuses orbitaires peuvent enfin fonctionner comme séreuses articulaires dans les mouvements du globe.

Nous avons trouvé une cavité séreuse *intraoculaire* chez les *Salmonides*, les *Cyprins*, chez le *Brochet*, chez *Entelurus æquoreus*, *Callyonyme lyre*, *Cottus bubalis*, *Labrus mixtus*, *Hippocampe*, etc. Les *Cyclostomes*, les *Sélaciens* n'ont pas de cavité séreuse dans la choroïde. Chez le *Poisson lune* un reticulum à larges mailles occupe l'épaisseur de la choroïde.

La poche séreuse *orbitaire* a été trouvée chez tous les Téléostéens dont nous avons examiné l'orbite en coupes microscopiques : *Salmonides*, *Cyprins*, *Periophtalmus Kohlreuteri*. Dans ce dernier les poches orbitaires sont réduites. Elles sont au contraire très développées chez la *Plie*.

Ni dans les Traités généraux, ni dans les monographies signalées soit dans *A Bibliography of Fishes de Bashford Dean*, soit dans le *Zoological Record*, nous n'avons trouvé d'indication sur l'existence de ces cavités

séreuses. Seul R. Wiedersheim, dans son *Manuel d'Anatomie comparée des Vertébrés* (Trad. Moquin Tandon), signale simplement à la page 216 (ligne 4) un *espace lymphatique sous-choroïdien*.

PHYSIOLOGIE. — *Rythme et fréquence respiratoires des animaux soumis à la dépression barométrique.* Note de MM. **Béhague**, **Garsaux** et **Charles Richet** fils, présentée par M. Charles Richet.

Au cours d'expériences entreprises dans le caisson à vide construit par l'un de nous, nous avons étudié les modifications du rythme et de la fréquence respiratoires sur les lapins soumis à une dépression barométrique croissante et considérable.

Rappelons que le nombre normal de respirations du lapin à la pression de 76^{cm} Hg oscille entre 40 et 70 par minute.

Si l'on abaisse rapidement la pression barométrique jusqu'au point qui entraîne la mort, on observe plusieurs phases successives :

D'abord, une première phase : la *polypnée*.

Cette polypnée, progressive et constante, est pour une pression de 26 à 22^{cm} Hg (correspondant à une altitude de 8000 à 9000^{m}), de l'ordre de 170 à 200 respirations par minute.

Une seconde phase, que nous appellerons *oligopnée*.

Cette oligopnée, également progressive et constante, n'a pas, à notre connaissance, été signalée. Elle fait suite à la polypnée qui diminue progressivement. La fréquence respiratoire repasse à sa valeur normale, puis devient inférieure à celle-ci. A ce moment, la respiration n'est ni superficielle ni très profonde.

Une troisième phase, que nous appellerons *anisopnée*.

Elle précède de peu la mort, bien qu'à ce moment on puisse sauver encore l'animal. Nous ne pouvons affirmer qu'elle soit constante; mais elle est très fréquente. Nous l'avons étudiée dans sept cas. Elle se caractérise par des respirations tantôt à type costal, tantôt à type diaphragmatique, alternant de façon irrégulière, et d'intensité très inégale. Il n'y a plus le synchronisme normal neuro-musculaire des mouvements respiratoires. Cette anisopnée nous paraît différente du rythme périodique décrit par Mosso sur le Mont Rosa.

Comme type de ces diverses phases, voici, très résumée, une expérience (21 décembre) au sujet de laquelle nous ne citons que quelques chiffres. La dépression fut progressive, et l'on atteignit le maximum indiqué en 18 minutes.

Pression barométrique en centimètres Hg.	Altitude correspondante évaluée en mètres.	Nombre de respirations par minute.
50	3300	61
34	6150	95
28	7500	150
23	8800	170
15,5	11500	130
14	12066	100
13,75	12100	90
13,50	12300	75
13	12540	64
12,75	12606	50
12,50	12800	46
12,25	12850	24

A 12^{cm},25 de pression apparaissent des phénomènes de dissociation respiratoire. On recomprime alors très rapidement et l'on sauve l'animal qui, comme d'autres expériences nous l'ont montré, ne peut vivre longtemps à cette phase.

Nous avons également retrouvé ces mêmes périodes chez le chat.

Quand un lapin mourant est recomprimé rapidement, en général on le sauve, et alors on voit la succession inverse des phénomènes. L'anisopnée persiste quelque temps. Puis apparaît l'oligopnée qui, peu à peu, fait place à la polypnée que l'on peut parfois observer pendant les 10 ou 20 minutes qui suivent le retour à la pression ordinaire. Chez certains animaux très asthéniques, nous avons vu l'oligopnée et même, dans un cas, l'anisopnée persister, alors que l'animal était revenu à la pression barométrique normale.

Signalons quatre phénomènes notables :

1° Quand le lapin est à une dépression telle qu'il est en oligopnée, par exemple après un séjour prolongé de 20 minutes à 8000^{m}, on peut aisément le rendre polypnéique. Il suffit de lui donner de l'oxygène. Supprimons l'apport d'oxygène, et nous voyons en quelques instants l'oligopnée reparaître.

2° Lorsque le lapin est en oligopnée et qu'on le laisse à une altitude invariable, on voit peu à peu l'oligopnée s'accentuer : puis apparaît la phase d'anisopnée. L'animal meurt alors quand on ne le ramène pas à une pression supérieure.

3° Quand l'animal est en oligopnée et qu'il fait un effort (ce qui est rare, vu son asthénie), l'oligopnée s'exagère.

4° Quand l'animal est polypnéique et qu'il fait de petits efforts, la polypnée s'exagère. Mais, si on lui fait faire de grands efforts (comme par exemple le travail dans un tambour mobile, jusqu'à épuisement complet), on remarque une diminution de fréquence des mouvements respiratoires : il y a oligopnée passagère.

Dans une de nos expériences, un lapin est soumis à une dépression de 34^{cm} Hg. Au repos il respire 200 fois par minute. On le fait travailler dans un tambour mobile jusqu'à épuisement complet; puis on arrête le travail. Il respire 155 fois par minute, puis 150, puis 128. Puis par le repos le nombre des respirations augmente et revient à 160.

La polypnée est naturellement le phénomène de défense bien connu. Puis, quand l'air est de plus en plus raréfié et que l'animal va succomber, l'oligopnée apparaît, probablement sous l'influence d'un sang dont la teneur en O^2 et CO^2 est très modifiée.

Cette oligopnée est d'interprétation difficile. Peut-être est-ce un phénomène de défense que l'on peut comparer à la bradycardie de la période ultime de l'asphyxie.

Quant à l'anisopnée, c'est-à-dire la dissociation des mouvements respiratoires, elle est sans doute due à une perturbation dans le fonctionnement du centre bulbaire.

ENTOMOLOGIE. — *Les Gyrins subfossiles de Belle-Isle-en-Mer.* Note de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

En 1925 j'ai exploré, au point de vue de sa faune entomologique subfossile, la tourbière sous-marine de l'anse de Ster Vras, à Belle-Isle-en-Mer (¹). Cette tourbière, que l'on considère comme datant de l'époque néolithique (Gadeceau, 1918, 1919), a été exploitée au cours de la guerre et n'existe plus qu'à l'état de lambeaux. L'un de ceux-ci, situé contre le bord méridional de l'anse, au niveau des basses mers d'eau moyenne, permet de constater que, sur un substratum argileux, repose une couche de tourbe franchement argileuse, peu clivable, caractérisée par la présence de débris de *Phragmites*. Cette couche représente le dépôt marginal et profond de la tourbière. En se rapprochant de l'axe de l'anse, on

(¹) La flore subfossile de la même tourbière a été étudiée par E. Gadeceau (1916-1919).

la trouve remplacée en surface par une tourbe non ou faiblement argileuse, clivable, riche en tiges d'une Mousse subaquatique, le *Fontinalis antipyretica* L. ([1]). On observe aussi des noyaux d'une tourbe dans laquelle abondent les fragments ligneux et dont je n'ai pu définir les rapports avec les couches précédentes.

Les différentes couches tourbeuses de Ster Vras m'ont fourni d'assez nombreux débris de Coléoptères aquatiques du genre *Gyrinus*, parmi lesquels 78 débris d'élytres ont pu être identifiés. Les sept formes spécifiques ou subspécifiques que j'ai reconnues se répartissent comme il suit :

	Couche				
Espèces et sous-espèces.	à *Phragmites*.	à *Fontinalis*.	à fragments ligneux.	indéterminée.	Totaux.
Gyrinus minutus F.	2	4	"	"	6
» *bicolor priscus* n. subsp.	8	5	1	3	17
» *elongatus neolithicus* n. subsp.	8	2	"	6	16
» *bic. priscus* ou *elong. neolithicus*.	3	"	"	3	6
» *elongatus* Aubé, forma typica	"	1	"	1	2
» *natator* L.	"	1	"	"	1
» *vindilicus* n. sp.	2	"	"	"	2
» *Suffriani* Scriba	4	15	4	5	28
	27	28	5	18	78

Parmi les éléments de la caractéristique des débris figurent les dimensions relatives des pores de l'élytre, pores qui sont de deux sortes : les uns (macropores), plus gros et moins nombreux, n'existent en général que par un, deux ou trois de front sur un même interstrie ; les autres (micropores), beaucoup plus petits, ont un diamètre pouvant équivaloir au dixième de celui des macropores et forment un semis plus ou moins dense sur les mêmes interstries.

A l'époque du dépôt de la tourbe à *Phragmites*, c'est-à-dire durant le premier âge de la tourbière, le marais de Ster Vras était habité par cinq espèces de *Gyrinus* parmi lesquelles figurait une forme toute particulière (*G. vindilicus*) aujourd'hui éteinte. Les espèces dominantes étaient les *G. bicolor* et *G. elongatus*, représentées par des races éteintes caractérisées toutes deux par des macropores élytraux notablement plus grands que chez les formes correspondantes actuelles. Il est intéressant de noter que l'une de ces races (*G. elongatus neolithicus*) était aussi celle qui habitait vers la

([1]) Détermination de M. P. Allorge.

même époque les marais du littoral malouin et ceux du confluent de la Seine et de la Marne (Lesne 1925). Les *Gyrinus Suffriani* et *G. minutus* existaient également à cette époque à Ster Vras.

Au cours de la phase contemporaine du dépôt de la tourbe à *Fontinalis*, le marais de Ster Vras est alimenté par des eaux plus claires que pendant la phase précédente. Le *Gyrinus vindilicus* semble avoir disparu et, si les *G. bicolor priscus* et *G. elongatus neolithicus* s'y rencontrent toujours, ce ne sont plus eux qui dominent mais le *G. Suffriani* mêlé à quelques *G. minutus*. A cette époque se montrent le *G. elongatus* sous sa forme actuelle et le *G. natator*, le Gyrin le plus commun de l'Europe occidentale dans la faune actuelle.

L'abondance relative des Gyrins subfossiles de Belle-Isle, comparée au peu de fréquence des mêmes insectes dans la faune actuelle de l'île, où ils ne semblent être représentés que par le seul *G. elongatus*, est un fait parallèle à celui constaté par Gadeceau (1919), à savoir l'appauvrissement marqué de la flore aquatique de Belle-Isle depuis l'époque du dépôt de la tourbe.

Cet appauvrissement peut s'expliquer soit par l'influence indirecte de l'homme, soit par une réduction des précipitations atmosphériques; mais il est probable que la dernière oscillation positive du niveau marin, celle qui postérieurement à l'époque monastérienne a abouti à l'état de choses actuel, en fournit la meilleure explication. Cette oscillation dont l'amplitude a atteint une trentaine de mètres (Kerviller 1893, Ch. Barrois 1896, E. Chaput 1924, A.-P. Dutertre 1924), succédait en effet à une phase négative ayant amené une surrection des terres suffisante pour rattacher Belle-Isle au continent (¹), pour y permettre l'établissement de collections d'eaux pérennes assez importantes et pour donner accès aux espèces habitant les terres voisines. On comprend qu'une immigration continue de formes continentales se produisant alors sur l'étroit territoire insulaire où vivaient encore des espèces relictes, comme cela paraît avoir été le cas pour le *Gyrinus vindilicus*, ait pu amener la disparition de ces dernières. La transgression postmonastirienne survenant ensuite, transgression dont l'effet ne pouvait qu'être aggravé par l'action de l'homme (déboisement, drainage), l'étendue des bassins hydrographiques était devenue trop faible pour permettre à ceux-ci de collecter des eaux pérennes capables d'héberger les peuplements dulçaquicoles de l'époque précédente.

(¹) L'existence de monuments mégalithiques en granulite à Belle-Isle-en-Mer vient à l'appui des données fournies par la géologie.

ZOOLOGIE. — *Le cycle reproducteur annuel de* Dodecaceria concharum *au Portel. La Schizométamérie.* Note [1] de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai signalé [2], chez la *Dodecaceria* du Portel des phénomènes de schizogenèse comportant l'émiettement des métamères de la région moyenne, dont chacun, à lui seul, reproduit un individu complet.

Du début de mars jusque vers la mi-juillet, pas de scissiparités; mais, vers le 20 juillet, elles réapparaissent et sont de plus en plus nombreuses jusqu'à la fin de septembre. Dans la galerie où un individu vient de faire de la schizométamérie, on trouve : 1° de 7 à 12 schizozoïtes, dont quelques-uns peuvent n'être encore qu'à l'état de simples schizométamères; 2° la région thoracique de l'adulte, devenue indépendante, et qui est en train de reconstituer l'animal entier; 3° la région caudale en régénération. Cela fait jusqu'à 14 individus, parmi lesquels le plus grand nombre se creuseront, à partir de la galerie originelle, un tube individuel dans le calcaire.

Dans la schizométamérie, comme dans la multiplication asexuée des Naïdimorphes (Lucienne Dehorne, 1916), le plan de scissiparité passe en arrière du dissépiment, qui fournit les éléments histogénétiques de la cicatrisation et du bourgeonnement. Au niveau où la musculature longitudinale se coupe, on trouve des fuseaux myolytiques analogues à ceux que j'ai déterminés chez *Nereis*. Chaque schizométamère renferme une paire de petites gonades. On rencontre encore des scissiparités au début de l'hiver, bien qu'elles commencent à se raréfier; à la fin de février, on n'en voit plus. On rencontre alors à cette époque : 1° quelques adultes avec gonades entrées en activité et contenant des *Gonospora* cœlomiques, ils donneront plus tard des formes épitoques; les individus femelles sont en général surchargés de pigment (type mélanisé); un exemplaire, au début de la spermatogenèse, parasité par *Gonospora*, montrait en outre, en février, dans l'épithélium digestif, des stades schizogoniques d'un sporozoaire non identifié; — 2° une proportion élevée de plus jeunes individus de teinte claire, produits de la schizométamérie. Ils ne renferment pas de grégarines cœlomiques et produisent des éléocytes; souvent un grand nombre de segments sont encore dépourvus de ces derniers, et beaucoup d'éléocytes renferment peu de gra-

(1) Séance du 21 février 1927.

(2) A. Dehorne, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 143.

nulations ou point. Ces individus vont présenter de la schizométamérie pendant la deuxième partie de l'année et n'hébergeront alors pas non plus de *Gonospora*.

L'épitoquie débute en juin et juillet pour donner des formes nageuses à la fin d'août et jusque vers le 15 septembre. Reproductions sexuée et asexuée sont donc en coïncidence. Il semble bien que les individus devenant épitoques sont uniquement des parties antérieures et postérieures régénérées d'exemplaires ayant fait de la scissiparité l'année précédente. Comme Caullery et Mesnil (1) l'ont montré, les individus épitoques renferment *Gonospora longissima* qui donne des spores dans le même temps que l'hôte est rempli d'ovules ou de spermatozoïdes. Ce synchronisme reproducteur constitue peut-être une preuve indirecte que les formes épitoques ne survivent pas à l'aventure nuptiale. Quoi qu'il en soit, le fait que les individus à schizométamérie ne renferment pas de *Gonospora* indique chez eux un chimisme bien différent de celui des formes précédentes dans lesquelles le gonocœle renferme un milieu de culture aussi favorable aux parasites qu'aux éléments génitaux. Une seule fois, j'ai étudié un exemplaire préépitoque mâle sans grégarines cœlomiques. J'ai parfois trouvé, en juillet, des individus préépitoques singuliers dans lesquels la région moyenne seule était devenue extrêmement gracile et avait perdu toute apparence segmentée; les téguments, surtout diminués par la réduction considérable de la musculature, étaient acccolés au tube intestinal. C'est le résultat d'une histolyse de même ordre que celle qui prélude à la schizométamérisation, mais elle agit seule ici et n'est pas accompagnée d'histogenèse bourgeonnante. Il est remarquable que ce travail a lieu précisément dans la région qui, chez les formes scissipares, se disloque en schizométamères.

Ainsi que l'ont bien vu Caullery et Mesnil, les éléocytes s'allègent de leurs granulations pendant la préparation des produits génitaux et redeviennent des amibocytes, plus exactement des choanoleucocytes avec centrosphère.

Jusqu'à plus ample informé, les rochers kimméridgiens de l'Heurt, au Portel, sont la seule station où *Dodecaceria* se reproduit asexuellement par schizométamérie. C'est aussi la seule station connue où l'animal habite un calcaire de cette nature; ailleurs, *Dodecaceria* vit presque toujours dans l'épaisseur du *Lithothamnion* et ne présente pas alors de scissiparité. Or *Dodecaceria* ne me paraît pas seulement être calcicole, elle est certainement

(1) Caullery et Mesnil, *Annales Univ. Lyon*, 1898, fasc. 39.

aussi calcivore. Dans ces conditions, il semble vraisemblable d'attribuer à la nature chimique de ce calcaire bleuâtre, plus ou moins marneux, les causes déterminantes de la schizométamérie. Peut-être d'autres raisons moins apparentes entrent-elles aussi en jeu, mais je crois que la composition de la roche alimentaire constitue le facteur principal.

Il existe donc jusqu'ici pour *Dodecaceria* : 1° *Un faciès lithothamnien* (anse Saint-Martin, Manche) avec les modalités de reproduction sexuée décrite par Caullery et Mesnil, mais sans phénomènes de schizométamérie : 2° *un faciès kimméridgien* (rochers de l'Heurt, Le Portel, Pas-de-Calais) caractérisé par de la schizométamérie qu'on rencontre depuis la fin de juillet jusqu'en février.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Les gonocytes primaires chez les embryons de Crapauds issus d'œufs soumis à une surmaturation utérine.* Note de M. **Louis Bounoure**, présentée par M. E. L. Bouvier.

Des expériences effectuées sur *Rana temporaria* nous ont montré que l'histoire des gonocytes primaires n'était point modifiée par l'état de surmaturation de l'œuf d'où provient l'embryon (¹). Nous n'avons donc pu confirmer les résultats annoncés par Kuschakewitsch et par Witchi pour qui, chez les embryons de Grenouille issus d'œufs surmaturés, l'ébauche génitale constituée par les gonocytes primaires n'existerait point et ferait place à une gonade paire de formation mésodermique.

Nous avons fait remarquer à ce propos que la Grenouille se prête mal à des expériences de surmaturation ovulaire *in utero* : sa ponte est trop rapide pour qu'on puisse aisément l'interrompre, et quand on tente de réaliser une rétention utérine des ovules, on ne peut, généralement, évaluer la durée de cette rétention, faute de savoir à quel moment la femelle, normalement, eût pondu ses œufs. Aussi, pour étudier, plus rigoureusement, les effets de la surmaturation *in vivo*, nous nous sommes adressé à une autre espèce d'Anoures, plus favorable, le Crapaud commun, *Bufo vulgaris* Laur.

Justement Mlle S. Perle a fait récemment une étude attentive de l'origine des premiers gonocytes dans le développement normal du Crapaud (²),

(¹) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 401-403.
(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 303-304.

et confirmé, entre divers avis opposés, les observations de H. King (1908) et de Beccari (1924). Les gonocytes sortent de l'endoderme pour constituer une ébauche génitale dorsale, ultérieurement dédoublée. Les faits sont donc identiques dans toute l'étendue de la classe des Anoures.

On sait d'autre part que la femelle du Crapaud pond, accouplée, un long cordon glaireux où les œufs sont englobés. L'expulsion de ce cordon dure 2 ou 3 heures, quelquefois davantage. On peut donc faire aisément l'expérience suivante :

Une femelle de Crapaud commençant à pondre est séparée du mâle. On coupe, au ras de l'anus, le cordon d'œufs déjà pondu, et l'on passe à l'animal, autour des lombes, immédiatement au-dessus de l'ouverture anale, un lien de caoutchouc assez serré, qui s'oppose à l'expulsion des ovules encore contenus dans les utérus; sans cette ligature, la ponte continuerait sans interruption, même en l'absence du mâle. L'expérience ne peut être prolongée très longuement : outre que les membres postérieurs de l'animal deviennent le siège d'un œdème volumineux, les utérus se remplissent bientôt de liquide, la gangue des ovules se gonfle et les ovules eux-mêmes subissent des altérations qui ne permettent plus la fécondation. Nous avons pu prolonger la rétention ovulaire pendant 31 heures; au bout de ce temps, qui nous a paru un maximum, un nombre suffisant d'ovules, prélevés dans les utérus, ont pu être fécondés et nous ont donné des embryons normaux.

Nous avons suivi de près le développement de la première ébauche génitale chez ces embryons à partir du stade de 6^{mm}, où nous avons trouvé les premiers gonocytes. A stade, ces éléments sont en partie rassemblés à l'extrême bord dorsal de l'endoderme, et l'ébauche ainsi constituée commence, par endroits, à s'isoler de ce bord. Mais beaucoup de gonocytes sont encore situés çà et là, parmi les cellules vitellines, de part et d'autre de la lumière archentérique; ils offrent déjà, nettement reconnaissables, leurs caractères habituels : gros noyau clair, oxychromatique, renfermant deux ou trois gros nucléoles, plaquettes vitellines larges et remplissant tout le corps cellulaire. Il y a seulement à signaler ici, dans ces cellules, l'abondance assez frappante d'un pigment noir, au sujet duquel toute interprétation doit être provisoirement réservée. La formation du cordon génital et l'évolution de cette ébauche se poursuivent en tout point comme chez les embryons issus de ponte naturelle.

Conclusion. — En se reportant aux résultats de nos recherches sur *Rana temporaria* et y ajoutant ceux, pareillement négatifs, de nos expériences sur *Bufo vulgaris*, on devra conclure, d'une façon générale, que la surmaturation de l'œuf ne modifie en rien, chez l'embryon, l'apparition des gonocytes primaires et la formation de la première ébauche génitale. Dans tous nos

essais pour réaliser, tant *in vitro* que *in vivo*, la surmaturation ovulaire, nous avons vu les premiers éléments germinaux sortir, comme d'habitude, du vaste réservoir de cellules vitellines, à destinations diverses, que représente l'endoderme.

C'est donc à tort, selon nous, que l'on a invoqué l'influence de la surmaturation et qu'on est revenu, dans ce cas, à la thèse de l'origine mésodermique des premières cellules germinales; même chez les embryons issus d'œufs surmaturés, ces premières cellules ne sortent point d'un feuillet qui a des destinations somatiques précises et déjà morphologiquement accusées. Il n'y a donc point là d'exception qui puisse servir d'argument contre l'idée d'une séparation précoce du germen et du soma.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Quelques observations sur la fermentation dite élective.* Note de MM. **A. Fernbach**, **M. Schoen** et **Motohichi Mori**, présentée par M. Roux.

Dans une Note antérieure [1], nous avons étudié la marche de la fermentation par diverses levures du dextrose et du mannose rendus optiquement inactifs par l'action des alcalis dilués. Les différences observées d'une levure à l'autre se retrouvent-elles lorsque, au lieu d'employer la levure vivante, on s'adresse à la diastase alcoolique, telle qu'elle se trouve dans la levure traitée par l'acétone et l'éther, suivant la technique indiquée par Albert, Buchner et Rapp [2]?

Voici ce que l'expérience nous répond :

La *zymine* préparée avec la levure de bière de fermentation basse se comporte, au début de son action et par la rotation qu'elle fait apparaître, de la même manière que la levure vivante dont elle provient. Toutefois, nous n'avons pas pu pousser la transformation aussi loin qu'avec la levure vivante; de telle sorte que la fermentation s'arrête bien avant la disparition totale du sucre fermentescible et que, dans les conditions de nos expériences, nous n'avons pas pu atteindre le stade où se révèle la présence d'un sucre réducteur infermentescible.

Avec la zymine provenant de la levure de Sauternes, on observe encore le même effet qu'avec cette levure vivante, à la vitesse près. Mais les résul-

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 168.

(2) R. Albert, Ed. Buchner et R. Rapp, *Herstellung von Dauerhefe mittels Aceton* (*Berichte d. deutsch. chem. Ges.*, **35**, 1902, p. 2376).

tats sont tout différents lorsqu'on emploie soit le *Saccharomyces exiguus* (Rees-Hansen), soit le *Schizosaccharomyces Pombe*. En partant de ces deux levures, qui à l'état vivant font prendre à la solution sucrée optiquement neutre une rotation gauche, nous avons obtenu des zymines qui font apparaître une rotation droite. Il faut noter en outre que, au point de vue de l'activité, ces zymines, comme celle que nous avons préparée avec la levure de Sauternes, sont inférieures à la zymine provenant de la levure de bière.

Si l'on fait agir ces diverses zymines sur le sucre interverti, on obtient des résultats qui sont d'accord avec ceux que nous venons d'indiquer : avec la zymine de la levure de bière, la rotation gauche augmente parce que, au début de l'action, c'est surtout du dextrose qui disparaît; avec les autres zymines, la rotation gauche diminue, parce que c'est surtout du lévulose que la fermentation fait disparaître d'abord.

Les faits qui viennent d'être signalés conduisent à remettre en question tout le problème de la fermentation dite *élective*. Tant qu'on n'a abordé ce problème qu'en employant des levures vivantes, on a pu penser que les inégalités dans la vitesse de disparition des divers sucres d'un mélange étaient dues à des différences dans la résistance que l'enveloppe de la cellule de levure opposé au passage de ces divers sucres. Cette interprétation n'est plus admissible en présence des résultats obtenus avec les zymines. On pourrait admettre, avec Bourquelot (1), que la fermentation élective dépend essentiellement de la différence de résistance des divers sucres à la levure; ce qui revient, avec les notions actuelles, à dire que le pouvoir électif d'une levure tient à ce que la zymase qu'on peut en extraire ne fait pas fermenter tous les sucres avec la même vitesse.

Toutefois, il resterait encore à expliquer pourquoi ce pouvoir électif varie d'une levure à l'autre. A l'heure actuelle, il est difficile d'admettre, comme Duclaux (2) en a suggéré l'idée, que chaque sucre exige pour fermenter l'intervention d'une zymase particulière; car le pouvoir électif d'une levure donnée peut être modifié par les conditions dans lesquelles on la fait agir. Parmi les facteurs qui peuvent jouer un rôle dans cette modification, on peut citer : les changements dans la température et dans la concentration des sucres [Bourquelot] (3), les changements dans la réaction du milieu

---

(1) Em. Bourquelot, *Recherches sur la fermentation alcoolique d'un mélange de deux sucres* (*Ann. de Chim. et de Phy.*, 6e série, 9, 1886, p. 245).
(2) E. Duclaux, *Traité de Microbiologie*, 3, p. 258.
(3) Em. Bourquelot, *loc. cit.*

[Fernbach et Schiller] (¹), le traitement de la levure par l'acétone et l'éther (cas du *Sacch. exiguus* et du *Schizosacch. Pombe*, signalé ci-dessus).

Peut-être faudrait-il admettre alors que le pouvoir électif est sous la dépendance directe des substances qui accompagnent la zymase, substances dont la nature et les proportions sont modifiables par les facteurs auxquels il vient d'être fait allusion. C'est dans cette voie que nous nous proposons de diriger de nouvelles expériences.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le ferment protéolytique du* Bacillus subtilis. Note de M. **A. Marxer**, présentée par M. Henneguy.

De multiples travaux ont montré la possibilité de faire varier, en fonction de la composition du milieu de culture, la quantité et les propriétés des diastases sécrétées par les microorganismes.

Nous nous sommes proposé de préciser l'influence de la constitution des milieux sur la production et les caractères du ferment protéolytique élaboré par le *B. subtilis*.

1° *Quantité produite.* — Dans les milieux de culture habituels (bouillon, eau peptonée, gélatine) la production de ferment protéolytique est insignifiante. Il n'en est pas de même si le bacille est cultivé sur une décoction de son faite à 4 pour 100 dans l'eau ordinaire et additionnée d'une solution normale de soude jusqu'à réaction alcaline au tournesol. Après une croissance de 3 à 8 jours, le pouvoir protéolytique mesuré par la rapidité de solubilisation d'une même protéique (caséine, par exemple) est au moins 300 fois plus élevé que dans la culture sur milieux ordinaires.

2° *Sensibilité à la dessiccation.* — La valeur protéolytique de la solution ainsi obtenue ne reste pas stable; mais on obtient un produit d'activité stable par dessiccation. Toutefois l'obtention de telles préparations nécessite certaines précautions; la dessiccation doit être faite à 30° et dans le vide. Si, tout en conservant la température de 30°, on opère à l'air, ou si la dessiccation est poursuivie à 50°, l'activité protéolytique est diminuée.

3° *Action comparée sur diverses substances protéiques.* — L'étude faite dans des conditions identiques, sur diverses matières protéiques (gélatine, caséine, poudre de peau) ne donne pas toujours des résultats parallèles pour toutes

(¹) A. Fernbach et N. Schiller, *Du rôle de la réaction du milieu dans la fermentation élective* (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2196).

les préparations. En particulier, tantôt l'action digestive est plus intense sur la gélatine que sur l'ensemble des albumines de la peau et tantôt c'est l'inverse. On observe exactement les mêmes faits dans l'étude des ferments du pancréas. On ne saurait donc conclure pour une préparation donnée à l'intensité d'une action protéolytique sur une substance protéique de son pouvoir sur une autre.

4° *Température optima.* — La température optima d'action réside entre 37 et 39°, exactement comme pour la trypsine pancréatique.

5° *Réaction optima.* — L'activité du ferment, obtenu comme il a été précédemment indiqué, est favorisée par une réaction alcaline comme c'est le cas pour la trypsine. Mais nous avons pu constater qu'il était possible de faire varier considérablement la réaction optima en modifiant le milieu. Sur milieu alcalin, les ferments ont leur optimum d'action pour un pH qui s'étend de 4,0 à 7,8, alors que pour les ferments élaborés sur un milieu renfermant par 100^{ms}, $0^{\text{cm}^3},06$ d'une solution normale d'acide phosphorique l'optimum se place de pH = 7,8 à pH = 13,0.

PATHOLOGIE. — *Le cancer expérimental du poumon.* Note de MM. **Maurice Letulle** et **Louis Vinay**, présentée par M. Quénu.

Au cours de recherches entreprises sur le cancer expérimental, nous avons été amenés à injecter diverses substances modérément irritantes, en plein tissu pulmonaire, chez différents animaux, en particulier le lapin et la chèvre.

Notre but était d'obtenir des lésions inflammatoires chroniques, itératives, avec réactions hyperplasiques des épithéliums respiratoires, après une survie prolongée de l'animal.

Notre choix s'est fixé sur une solution de glycogène additionnée d'acide lactique, en faible proportion (0,40 pour 100). Le mélange est injecté, par petites doses et plusieurs mois durant, à la fois dans le poumon et sous les téguments.

Dans ces conditions, on obtient, à coup sûr, au bout de plusieurs semaines et après plusieurs injections (15 à 20), des îlots de sclérose pulmonaire bien circonscrits. Le tissu cicatriciel envahit toutes les cavités aériennes de la région blessée, en produisant des mutilations profondes de l'armature élastique des poumons.

Parmi les amas de tissu inodulaire, on découvre presque toujours, des

nodules composés de boyaux épithéliaux désordonnés dont l'aspect, pour ainsi dire constant, rappelle de la façon la plus saisissante les végétations rameuses d'un cancer primitif du poumon humain.

Les deux figures ci-après représentent, d'une manière très exacte, les traits de nos îlots carcinoïdes.

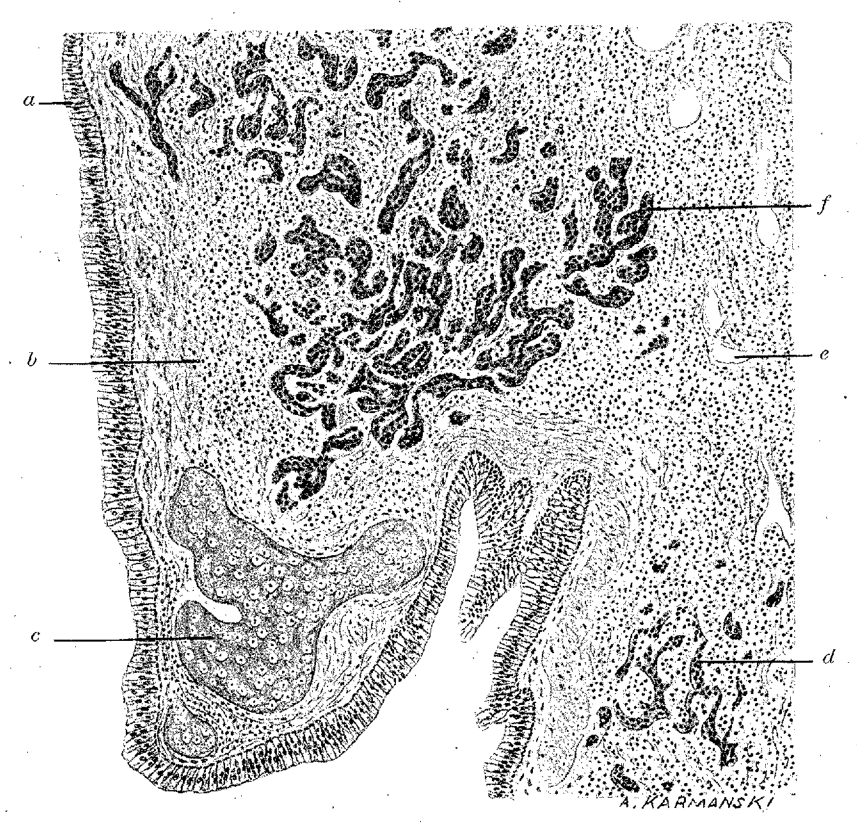


Fig. 1. — Le nodule carcinoïde. Boyaux épithéliaux d'aspect cancéreux, bourgeonnant au sein d'un placard de sclérose pulmonaire (lapin). Grossis. $\frac{80}{1}$.

On voit la formation de nodules épithéliaux inclus en plein tissu scléreux, au voisinage d'une bronche. Les coulées cellulaires tracent des sinuosités désordonnées étroitement enserrées par un tissu fibroïde encore jeune.

La figure 1 met en valeur les boyaux épithéliaux de nouvelle formation : volumineux, polymorphes, les éléments proviennent d'une exubérante prolifération du revêtement épithélial des alvéoles pulmonaires.

Sur la figure 2, apparaissent, vus à un fort grossissement, les détails des néoformations carcinomatoïdes : les cellules métaplasiques sont atypiques,

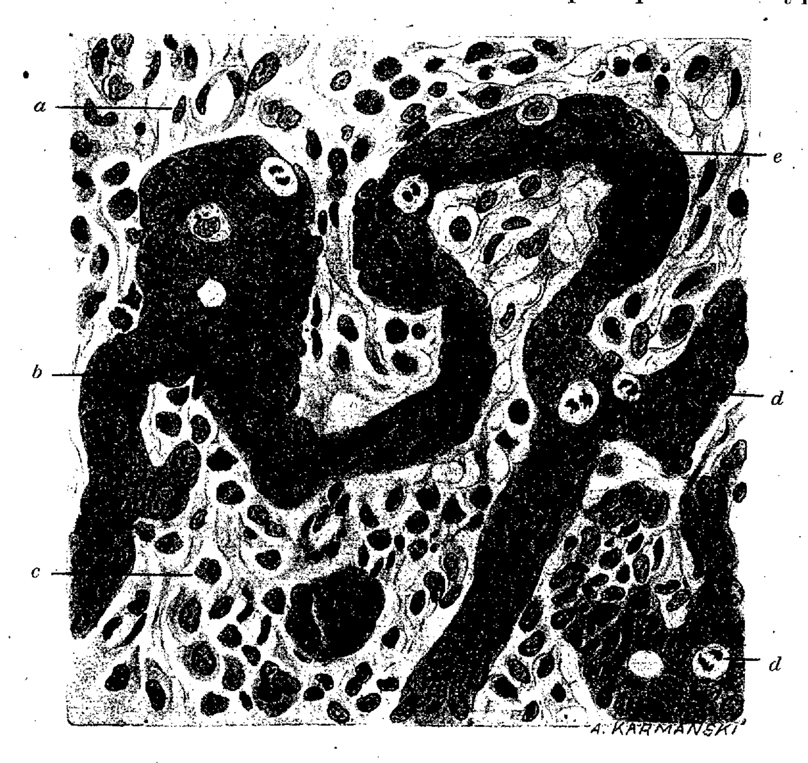


Fig. 2. — Les boyaux épithéliaux métaplasiques; karyokinèses abondantes et désordonnées. Grossis. $\frac{550}{1}$.

énormes ; développées à la suite les unes des autres, elles présentent de très nombreuses divisions karyokinétiques désordonnées.

Ce sont les caractères morphologiques du carcinome squirrheux; les métastases, vasculaires, ganglionnaires ou séreuses nous font encore défaut.

La séance est levée à $15^{h}50^{m}$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 MARS 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, annonçant la mort de M. *Charles Graebe*, s'exprime en ces termes :

J'ai le pénible devoir d'adresser au nom de l'Académie un dernier hommage à la mémoire de **Charles Graebe**, Correspondant pour la section de Chimie.

Élève de von Baeyer, puis professeur à l'Université de Genève, Graebe est mort à l'âge de 86 ans, dans sa ville natale de Francfort-sur-le-Main. Il avait porté son puissant effort sur la chimie organique, et il a contribué dans une très large mesure au progrès de cette science, par les découvertes qu'il réalisa dans l'histoire des substances dites aromatiques, notamment des quinones.

Ses travaux de chimie théorique ont eu, par surcroit, cette bonne fortune de jouer un rôle incontesté dans l'évolution de la chimie industrielle, qui naissait en ces temps, dans les laboratoires de von Baeyer et de Berthelot.

Le nom de Graebe est attaché à l'une des synthèses qui ont le plus vivement impressionné l'esprit des savants par la manière rationnelle dont elle a été accomplie, et l'esprit public, par les conséquences qu'elle a eues et qui se développent encore actuellement : la synthèse de l'alizarine.

Ce fut en employant un procédé imaginé par von Baeyer, procédé qui permet de réduire les subtances aromatiques oxygénées, que Graebe, aidé de C. Liebermann, était arrivé à dériver de l'alizarine naturelle, l'anthracène. Il en conclut que l'alizarine était un dérivé de l'anthracène, il en donna une formule nouvelle et exacte, et trouva le moyen, qu'il réalisa par diverses réactions, de transformer inversement l'anthracène en alizarine.

C'était la première fois qu'une matière colorante naturelle d'une telle importance était fabriquée synthétiquement. Une nouvelle industrie s'ouvrait, où tout était à créer, où Graebe créa tout, à force d'ingénuité et de recherches théoriques nouvelles, qui entraînèrent le renouvellement des méthodes mises en œuvre antérieurement par la technique.

La synthèse de l'alizarine vers 1869 et sa substitution rapide au produit tiré jusqu'alors de la garance, comme vers 1897 l'apparition de l'indigo synthétique, ont été des triomphes pour la chimie organique.

Leurs conséquences furent multiples en dehors même de leurs applications; ainsi, l'extraction de l'anthracène du goudron de houille et sa purification conduisirent Graebe à isoler un nouveau carbure isomère de l'anthracène qu'il étudia dans le même ordre d'idées, et qui lui a donné aussi des dérivés hydroxydés de couleurs variées.

Un autre ensemble de recherches d'un haut intérêt théorique est encore à porter à son actif. Il établit entre la constitution moléculaire des corps organiques et leur couleur des relations dont la connaissance a joué depuis un rôle important dans les travaux des chimistes qui s'occupent des matières colorantes. Par là, il s'est élevé à un premier aperçu sur les groupes chromophores et a été conduit à considérer la coloration comme dépendante de l'existence dans la molécule d'un groupement tétravalent de deux carbones.

On chercherait en vain dans l'œuvre de Graebe la limite entre la science pure et la science appliquée, tant il sut par leur mutuel et constant concours, enchaîner leurs progrès et les solidariser. Nul n'a appris plus élégamment que lui, combien les organismes géants de l'industrie moderne peuvent croître et se développer quand ils sont fécondés par le souffle éthéré de la science pure.

ÉLASTICITÉ. — *Poutre rectangulaire chargée en un point. Angle sous la charge quand elle devient infiniment longue. Conséquence pour les plaques.* Note de M. **Mesnager**.

J'ai donné [1] les expressions en série simple des tensions de la poutre rectangulaire indéfinie de hauteur $2h$ et d'épaisseur e, chargée de F aux points $x = 2ka$ et supportant des réactions égales aux points $x = a + 2ka$. Ces expressions ont l'avantage d'être beaucoup plus simples que celles connues jusqu'à présent.

---

[1] *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1050.

Je me propose de chercher aujourd'hui quelle est la déformation de la fibre moyenne de cette poutre, $y = 0$, quand a devient infini par rapport à h.

Des formules connues d'élasticité à deux dimensions

$$\mu\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) = \mathrm{T} \tag{1}$$

$$\mathrm{E}\frac{\partial u}{\partial x} = \mathrm{N}_1 - \sigma \mathrm{N}^2 \tag{2}$$

je tire l'équation des déplacements verticaux de la fibre moyenne

$$\mathrm{E}\frac{\partial v}{\partial x} = 2(1+\sigma)\mathrm{T} - \int_0^x \left(\frac{\partial \mathrm{N}_1}{\partial y} - \sigma\frac{\partial \mathrm{N}_2}{\partial y}\right) dx. \tag{3}$$

J'obtiendrai les déplacements en remplaçant T, N_1 et N_2 par les valeurs que j'ai antérieurement données.

En faisant $y = 0$ dans (3) ainsi modifié, j'obtiens des expressions dans lesquelles je fais croître $\frac{a}{h}$ indéfiniment. Pour lever les indéterminations et obtenir des expressions simples, il suffit de développer sh et ch en série et après réduction de se limiter aux termes de plus faible puissance en mh au numérateur et au dénominateur. Quand $\frac{a}{h}$ est suffisamment grand un nombre arbitraire de termes de la série trigonométrique se confond à telle approximation qu'on veut avec la limite ainsi obtenue, et l'on a la forme de la solution. On trouve ainsi

$$\mathrm{E}\frac{\partial v}{\partial x} = 2(1+\sigma)\frac{\mathrm{F}}{ae}\sum_i \frac{1}{\frac{1}{3!}+\frac{1}{2!}}\,\frac{a}{\pi h}\,\frac{\sin i\frac{\pi x}{a}}{i} + \frac{\mathrm{F}}{ae}\sum_i \frac{2a^3}{\pi^3 h^3\left(\frac{1}{3!}+\frac{1}{2!}\right)}\,\frac{\sin i\frac{\pi x}{a}}{i^3}.$$

En tenant compte des expressions connues

$$\sum_i \frac{\sin iz}{i} = \frac{\pi}{4}, \qquad \sum_i \frac{\sin iz}{i^3} = \frac{\pi z(\pi - z)}{2^3} \quad (^1),$$

---

(1) ESTANAVE, *Sommations de quelques séries trigonométriques*, p. 104. Hermann, 1903.

de $2h.e = A$, aire de la section et $2h^3e : 3 = I$, moment d'inertie il vient

$$(4)\qquad \frac{\partial v}{\partial x} = \mu\, 1,5\, \frac{F}{2}\, \frac{1}{A} + \frac{1}{4}\, \frac{F}{EI}\, x(a-x).$$

Le second membre de cette expression renferme deux termes, le premier dû à l'effort tranchant, le second au moment fléchissant.

Je ne crois pas que le premier, qui exprime l'angle de raccordement entre deux solutions de Saint-Venant, ait jamais été donné. On savait bien qu'il devait être peu différent de $\mu \frac{F}{A}$, mais on ignorait le coefficient exact. On inclinait en général à penser qu'il était compris entre 1 et 1,5.

Le second est exactement la formule usitée en résistance des matériaux pour la déformation de la poutre. En effet l'expression de l'inclinaison est suivant cette formule usuelle et en tenant compte de ce que le moment s'annule pour $x = \frac{a}{2}$

$$\int_0^x \frac{M\, dx}{EI} = \frac{F}{2}\, \frac{1}{EI} \int_0^x \left(\frac{a}{2} - x\right) dx = \frac{1}{4}\, \frac{F}{EI}\, x(a-x).$$

On savait par les expériences de flexion sur les substances transparentes entre polariseurs croisés que la zone, dans laquelle la solution de Saint-Venant (autrement dit la résistance des matériaux) ne s'applique pas aux abords d'une charge concentrée, est assez étroite. On voit ici que cette zone devient infiniment étroite quand le moment est infiniment grand.

On néglige généralement le premier terme du second membre de la formule (4) parce qu'il est petit par rapport au second pour les pièces longues, mais il est important de remarquer que l'inclinaison $\frac{\partial v}{\partial x}$ présente une discontinuité sous la charge. La tangente varie brusquement d'un angle $\mu\, 1,5 \frac{F}{A}$.

Donc comme l'a observé dans un travail récent M. Garabedian, les deux parties d'une plaque mince chargée suivant une ligne ne doivent pas avoir même tangente de part et d'autre de cette ligne. La poutre en effet peut être remplacée par une plaque portée sur des murs indéfinis, chargée sur des droites parallèles aux murs, les formules subsistent, sauf qu'il faut diviser dans toutes les formules les déplacements par $1 - \sigma^2$. En négligeant l'angle le long d'une courbe fermée portant une charge uniforme il est possible qu'on modifie certains résultats dans les calculs de plaques.

De Saint-Venant négligeait cet angle ([1]). Cependant il admettait l'existence d'un point anguleux sous la charge ([2]) ce qui n'est pas tout à fait exact. Le rayon de courbure y est bien nul, car la courbure y est infinie; mais la série donnant les inclinaisons est absolument et uniformément convergente, elle est donc continue. On le constate facilement en transformant en série simple. Les inclinaisons, quand la charge est au centre de la plaque, tendent vers zéro en s'approchant de ce point. On s'en rend compte aussi avec la plaque circulaire mince chargée au centre, il n'y a pas de discontinuité à proprement parler dans l'inclinaison de la tangente radiale, bien que le rayon de courbure passe par zéro (l'inclinaison est donnée par une expression de la forme $x \log x$, qui a pour limite zéro pour $x = 0$). Il y a un plan tangent horizontal sous la charge.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les procédés de répérage d'alignement par les ondes hertziennes et sur les radiophares d'alignement.* Note ([3]) de M. **André Blondel.**

I. *Systèmes à ondes courtes.* — On sait que l'on peut, à l'aide de systèmes d'antennes accouplées, reliées ensemble par une ou deux jonctions horizontales de manière à former des cadres ouverts ou fermés, réaliser la concentration des ondes hertziennes dans certaines régions de l'espace et faire apparaître par interférence (à grande distance par rapport à la longueur d'onde λ) suivant certains azimuts, des plans nodaux, c'est-à-dire dans lesquels il ne se propage aucune onde.

J'ai décrit dès 1902 ([4]) trois types de tels cadres, présentant des particularités différentes :

a. Cadre dans lequel les deux antennes verticales sont parcourues par des courants de phases opposées (déphasage $\varphi = \pi$), espacées entre elles au plus d'une demi-longueur d'onde $\left(d = \frac{\lambda}{2}\right)$; le plan nodal à distance d'utilisation est un plan perpendiculaire au plan des antennes.

b. Cadre dans lequel les deux antennes précédentes sont excitées en

([1]) Traduction de Clebsch, Dunod, 1883, p. 355 notamment.

([2]) Même volume, p. 897, 8e ligne à partir du bas.

([3]) Séance du 28 février 1927.

([4]) A. Blondel, *Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences* (32e session, Angers, 1903), p. 374, et Brevet belge, n° **163516** de 1912.

concordance de phase; le plan nodal se confond avec le plan des antennes.

c. Cadre dans lequel la différence de phase entre les antennes est égale à la phase perdue par une onde se propageant d'une antenne à l'autre $\left(\varphi = 2\pi\frac{d}{\lambda}\right)$; le plan nodal passe encore par les antennes, mais la distribution du rayonnement, au lieu d'être symétrique comme dans les deux premiers cas, est dissymétrique; le plan nodal n'existe que dans un sens unique.

M. Bellini a repris le même sujet d'une façon plus complète [1].

Les cadres des types *a* et *b* peuvent être employés, sur ondes courtes de 20 à 100^{m}, pour baliser, sur mer et dans l'air, un alignement correspondant au plan nodal; il suffit d'exciter le cadre au moyen d'un système générateur d'oscillations approprié, produisant des ondes musicales, pour constituer un radiophare d'alignement. En 1912, on employait pour les radiophares à ondes courtes établis sur nos côtes des émetteurs à étincelles, aujourd'hui on emploie avantageusement des postes à lampes, alimentées directement sur les plaques par un alternateur à fréquence musicale.

On peut intercaler le circuit oscillant du générateur dans la ligne de jonction entre les bases des antennes, ou coupler ce circuit par induction ou par capacité avec cette même ligne de jonction. La mise à la terre du système sera faite soit par connexion directe du point central, soit au moyen de deux condensateurs d'équilibrage, ou enfin de deux circuits inductance capacités entre les bases des antennes et la terre.

Le navigateur maritime ou aérien, qui se trouve dans un « angle mort » au voisinage du plan nodal n'entend aucun son. Pour annuler l'amplitude de cet angle mort, qui dépend de la forme des courbes de rayonnement et de la puissance des signaux par rapport à la portée, on a remplacé la méthode d'observation des silences par une méthode d'égalisation de deux sons reçus alternativement, suivant un principe que j'ai indiqué en 1910.

Des applications de cette méthode ont été faites avec succès, notamment aux États-Unis par le Bureau of Standards de Washington, la Marine et l'Aviation. Il n'y a plus de zone d'extinction, et la précision avec laquelle on relève l'angle d'alignement α dépend simplement de la variation différentielle des deux réceptions, c'est-à-dire de $\frac{f'(\alpha)}{f(\alpha)}$, en désignant par $\rho = f(a)$ l'équation polaire de la courbe de répartition à grande distance des amplitudes des ondes, dans un plan horizontal. Le plan des antennes doit être orienté perpendiculairement à l'alignement repéré.

---

[1] Bellini, *Jahrbuch für drahtlose Telegrafie*, **1**, 1909, p. 381.

Avec les antennes espacées d'une demi-longueur d'onde excitées en opposition de phase, la sensibilité est maxima quand les plans des cadres d'antennes ont 90° l'un et l'autre [1], la précision serait plus grande encore avec des antennes espacées de trois quarts de longueur d'onde et formant des cadres décalés de 120° environ.

Système nouveau. — Le dispositif qui précède peut être réduit à un seul cadre produisant alternativement deux distributions de champ analogues à celles des deux cadres indépendants. A cet effet, nous exciterons les deux antennes avec des phases différentes par un oscillateur unique à ondes musicales réuni à elles par des connexions qu'un commutateur automatique intervertira périodiquement. Soient δ la différence de marche des émissions des deux antennes en fraction de longueur d'onde, d leur écartement, α l'angle du plan nodal à grande distance avec le plan perpendiculaire au plan des antennes; α est déterminé par la condition : $d\sin\alpha + \delta = \frac{\lambda}{2}$ avec $d \leqq l$ pour éviter toute ambiguïté dans les azimuts; d'où, par exemple, pour $d = \frac{\lambda}{2}$: $\sin\alpha = 1 - \frac{2\delta}{\lambda}$; pour $d = \frac{3\lambda}{4}$: $\sin\alpha = \frac{2}{3} - \frac{4}{3}\frac{\delta}{\lambda}$.

On donnera à δ une valeur comprise entre $\frac{\lambda}{4}$ et $\frac{\lambda}{10}$ suivant les cas. Pour réaliser pratiquement ce genre d'excitation, il suffit d'intercaler dans les circuits de plaque des triodes émettrices un phasemètre formé de deux bobines à angle droit disposées comme dans le goniomètre Bellini-Tosi et montées, l'une en série avec l'inductance du circuit oscillant inductance-condensateur, l'autre en série avec le circuit oscillant lui-même; les courants dans les deux bobines sont décalés d'environ $\frac{\pi}{2}$; une troisième bobine mobile par rapport aux deux premières, sera le siège d'une force électromotrice de phase réglable à volonté. L'une des antennes sera reliée par fil horizontal (ramené à la longueur *équivalente* convenable par des inductances et capacités convenables) à une bobine excitée inductivement par la bobine du circuit oscillant; l'autre sera reliée de même à la bobine mobile du phasemètre $\Big($ou simplement à une bobine induite par la bobine mise en série avec le circuit oscillant, si l'on veut réaliser entre les antennes un décalage des phases voisin de $\frac{\pi}{2}\Big)$. La mise à la terre des antennes peut se

---

[1] On a trouvé que par ce procédé l'erreur totale de l'alignement ne dépasse pas 200^{m} à des portées de 80^{km}.

faire soit en un point du système oscillant, soit, au pied des antennes, par liaisons inductances-capacités ordinaires. Un commutateur tournant inversera périodiquement les liaisons du système excitateur avec les deux antennes. Le navigateur constatera l'égalité des sons des émissions alternativement provoquées, quand il se trouvera dans le plan perpendiculaire au plan des antennes. Quand il s'en écartera, il constatera la prédominance d'une ou l'autre des deux formes de champ, caractérisées par des signaux Morse différents complémentaires, qui s'emboîtent les uns dans les autres de façon que le son total paraisse continu lors de l'égalisation. On devra choisir l'angle entre les deux plans nodaux respectifs assez grand (comme dans le cas des deux cadres) pour que le navigateur se place d'abord aisément dans cet angle au moyen d'un simple relèvement goniométrique, et évite ainsi toute ambiguïté sur les indications fournies par les signaux.

II. *Ondes très courtes* (5 à 10^m). — Ces systèmes à cadres sont très simples, mais ont l'inconvénient d'envoyer des ondes dans tout l'espace; on peut l'éviter en remplaçant les deux cadres décalés considérés plus haut par deux rideaux d'antennes dirigées d'un des types que j'ai décrits en 1912, ou de ceux qui ont été imaginés plus récemment, par exemple deux rideaux en grecques, du type ingénieux de M. Mesny, formés d'éléments verticaux et horizontaux réunis tous en série et dont l'un est excité par un oscillateur.

On peut également employer deux rideaux en forme d'échelles, dont chacun sera constitué par deux conducteurs horizontaux espacés verticalement d'une demi-longueur d'onde et réunis entre eux à des intervalles d'une demi-longueur d'onde par des fils verticaux, formant ainsi une série de cadres carrés, de périmètre 2λ mis bout à bout dans un même plan, se mettant tous en vibration synchronique (comme les ponts de Lecher).

Chaque échelle produira une concentration maxima dans la direction de son plan et l'angle, d'ouverture utile des faisceaux dépendra de la longueur de l'échelle. En disposant l'une au-dessus de l'autre, soit deux échelles de ce genre, soit deux grecques Mesny, formant entre elles un angle de 20 à 30° par exemple, on pourra, au moyen d'un inverseur périodique, exciter alternativement un élément de chacune inductivement par un même système oscillateur à lampes, donnant des ondes musicales, et produire par conséquent l'émission dirigée tantôt par une échelle, tantôt par l'autre; celle qui est au repos sera mise automatiquement hors de résonance par une ou plusieurs coupures convenables.

Le plan bissecteur des deux rideaux déterminera, après réglage précis, l'alignement avec une précision bien plus grande que dans les cas précé-

dents, grâce à la forme plus effilée des faisceaux périodiquement échangés. En outre, le rayonnement sera limité à l'angle utile des faisceaux des deux rideaux, et l'on pourra éviter ainsi de troubler d'autres communications.

Les signaux en ondes courtes ou très courtes peuvent être reçus, comme l'a montré M. Mesny, par antenne de bord et récepteur à superréaction.

Les indications ainsi données au navigateur le forcent à zigzaguer autour de l'alignement balisé; pour éviter cette sujétion, nous les compléterons par l'emploi du radiogoniomètre de bord sur ondes longues, en ajoutant simplement au poste émetteur une troisième antenne excitée par un autre circuit oscillant, accordé sur $\lambda = 1000^{m}$ par exemple. Enfin le même poste peut signaler au navigateur la distance en émettant, synchroniquement avec les signaux de la troisième antenne, des signaux sous-marins de fréquence musicale, émis par un vibrateur à membrane, immergé en un point convenable et relié au poste par un câble de longueur appropriée.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante : Exemples de décomposition spontanée*. Note [1] de M. **E. Mathias**.

1. *Cas d'une foudre dont la forme géométrique n'est pas définie.* — En 1750, le 2 juillet, à 15^{h}, l'abbé Richard, se trouvant pendant un orage dans l'église Saint-Michel de Dijon, vit paraître entre les deux piliers de la grande nef « une flamme d'un rouge assez ardent qui se soutenait en l'air à trois pieds du pavé de l'église; elle s'élança ensuite à la hauteur de 12 à 15 pieds en *augmentant de volume*... elle finit *en se dilatant* par un bruit semblable à celui d'un canon que l'on aurait tiré dans l'église même » [2].

Explication. — La décomposition de la matière fulminante augmentant son volume, en vertu du principe d'Archimède, elle s'élève dans l'air progressivement. A la fin, sa température étant assez basse, le reste, non encore décomposé, explose dans l'église même.

2. *Cas de foudres sphériques.* — Le 29 août 1791, un globe de feu tournait au-dessus d'un pré, près de Pavie; il court aux pieds nus d'une jeune

(1) Séance du 21 février 1927.

(2) Camille Flammarion, *Les phénomènes de la foudre*, p. 111. Ernest Flammarion, Paris.

fille, monte sous sa jupe, *qu'il gonfle comme une ombrelle*, sort ensuite par la poitrine et s'élance dans l'air en éclatant (Spallanzani) ([1]).

Explication. — L'augmentation de volume de la matière fulminante décomposée spontanément est prise sur le fait de manière originale.

3. Le P. Lozeran du Fesch, professeur de mathématiques à l'Université de Perpignan, dans une lettre à Sarrau, secrétaire de l'Académie de Bordeaux, publiée à Paris en 1727, décrit les phénomènes observés le 2 septembre 1716, vers 15^h, par deux voyageurs descendant des monts du Cantal et qui furent enveloppés par un orage remarquable par ses éclairs sphériques et dit :

« ... On en voyait de toutes les grosseurs : les uns, *tout petits au moment de leur apparition, augmentaient considérablement de volume en peu de temps*... » ([2]).

Explication. — Il s'agit évidemment de globes fortement électrisés qui se décomposent spontanément, les produits de la décomposition lente restant groupés sous la forme sphérique, tandis que le globe de Spallanzani, qui laissait se dégager librement les gaz résultant de sa décomposition, devait être peu ou pas électrisé parce qu'il n'est pas question de secousse ressentie par la jeune fille, par ailleurs très légèrement brûlée.

4. *Cas observé à Azeraille (Meurthe-et-Moselle), vers* 18^{h}45^m, *le* 21 *juin* 1913. — « Dans le centre superficiel d'un grand cumulus très haut et de couleur sombre, ... on vit sortir un petit globe blanc. *Il augmenta de volume jusqu'à atteindre la grandeur apparente de la Lune pleine*, et alors *il s'en échappa un long panache blanc* qui serpentait autour et finalement toute l'apparition, qui avait duré cinq minutes, s'affaiblit ... » ([3]).

Explication. — Il s'agit là d'un globe blanc, *sans lumière propre*, c'est-à-dire d'une foudre habillée d'un nuage de vapeur d'eau fortement électrisé à sa surface. Par refroidissement, il se décompose lentement et progressivement en gardant d'abord sa forme sphérique à cause de sa pression électrostatique. Les *hétérogénéités thermiques* donnent un appendice caudal formé surtout de vapeur d'eau ; puis, la charge électrique se dissipant peu

---

([1]) IGNAZIO GALLI, *Della protezione offerta dai parafulmini e di alcuni quesiti sulla natura del fulmine*, § 38, p. 46 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, **26**, 1908).

([2]) CAMILLE FLAMMARION, *Les phénomènes de la foudre*, p. 116. Cité par Galli.

([3]) COSMOS, *Revue des Sciences et de leurs applications*, **69**, 1913, p. 6. Cité aussi par Galli.

à peu, le globe et le panache se dissipent à leur tour sans explosion; du moins l'observation n'en fait pas mention.

5. *Cas observé à Eisleben vers* 19^h *le* 3 *mars* 1888 *par le professeur A. Otto et un de ses collègues.* — Ils étaient dans la campagne pendant qu'un orage déversait de la neige avec abondance; aux confins d'un bois distant d'environ 400^{m}, ils virent un globe vivement jaune, gros en apparence comme une bulle ordinaire de savon (?) qui rasait la cime des arbres. Pendant une petite seconde, il resta fixe et sans changement; après, *il se dilata jusqu'au double de la pleine Lune* et disparut sans bruit. [*Das Wetter*, avril 1888 (1)].

Explication. — Les flocons de neige ont refroidi la foudre globulaire et, partant, hâté sa décomposition; la matière, en se décomposant lentement, a augmenté de volume, la pression électrostatique maintenant en place les produits de sa décomposition; la charge électrique du globe disparaît rapidement au milieu de l'air fortement ionisé et conducteur, permettant ainsi aux gaz résultant de la décomposition de se disperser.

Conclusion. — Les exemples précédents prouvent que, quand la matière fulminante se décompose, elle augmente notablement de volume; elle est donc le résultat d'une combinaison avec contraction de volume. Par suite, *l'hypothèse fondamentale de notre explication synthétique de la foudre peut être considérée comme solidement établie.*

6. Le professeur Galli a publié une statistique de 156 cas dans lesquels il indique la valeur approximative du diamètre des foudres sphériques. Si l'on porte la fréquence en ordonnée et le diamètre en abscisse, on obtient une courbe en cloche, la fréquence la plus grande correspondant à un diamètre de 20 à 30^{cm}, les diamètres extrêmes étant très rares (2).

Cette statistique indique que l'on vit *une fois* un globe d'environ 2^{m} de diamètre à Belfort, le 22 septembre 1803.

Les dimensions démesurées de certains globes sphériques que l'on a signalés ultérieurement, et dont le diamètre dépasserait dans certains cas 10^{m}, *globes qui disparaissent sans tonnerre dans les nuées* — c'est-à-dire en montant — s'expliqueraient s'il s'agissait de matière fulminante décom-

(1) Ignazio Galli, *Supplemento alla storia ai caratteri e agli effetti del fulmine globulare*, § 13, p. 47 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 2e série, 2, 1916.

(2) Ignazio Galli, *I principali caratteri dei fulmini globulari*, § 15, p. 30-32 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 28, 1910.

posée, maintenue sphérique par une pression électrostatique juste suffisante, le globe disparaissant sans explosion lorsque cette contre-pression s'annule progressivement par dissipation de la charge dans l'air ionisé et conducteur.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1927, ouvert en la séance du 28 février, est clos en celle du 7 mars.

49 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Bordin, Francœur.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hamy, Kœnigs.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet, Boileau.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Rateau, Mesnager.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Goursat, Breton.

III. Astronomie : *Prix Lalande, Valz, G. de Pontécoulant, fondation Antoinette Janssen.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lebesgue, Cotton.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef.* — MM. Guignard, Douvillé, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Ferrié, Fichot, Perrier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Termier.

V. Navigation : *Prix de six mille francs, Plumey.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Rateau, Mesnager, Laubeuf, Ferrié, Fichot, Perrier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Borel, Lebesgue.

VI. Physique : *Prix Gaston Planté, Hébert, Henri de Parville, Hughes, Pierson-Perrin, fondation Clément Félix.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Villard, Branly, Berthelot, Janet, Brillouin, Perrin, Cotton.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, M. de Broglie.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Houzeau.* — MM. Schlœsing, Le Chatelier, Moureu, Lindet, Béhal, Urbain, Bertrand, Desgrez, Matignon.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, A. Lacroix.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Cuvier, Victor Raulin, Joseph Labbé.* — MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, L. de Launay, Depéret, Haug, Joubin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Mangin.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de Coincy, Jean de Rufz de Lavison.* — MM. Guignard, Bouvier, A. Lacroix, Henneguy, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Molliard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Flahault, Bertrand.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Da Gama Machado, fondation Savigny.* — MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Henneguy, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mangin, Richet.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Chaussier, Mège, Bellion, Larrey, Argut, Charles Mayer.* — MM. A. d'Arsonval Guignard, Roux, Henneguy, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Leclainche, Desgrez.

XII. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, FannyEmden.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Henneguy, Mangin, Richet, Quénu, Widal.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Molliard.

XIII. *Fonds Charles Bouchard.* — MM. A. d'Arsonval, Guignard, Roux, Henneguy, Mangin, Branly, Richet, Quénu, Widal, Bazy, Mesnil, Vincent.

XIV. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Lecornu, Lecomte, Borel, M. d'Ocagne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Breton, Lebesgue.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bouvier, Bigourdan, L. de Launay, Berthelot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Richet, Borel.

XVI. Ouvrages de science : *Prix Henri de Parville*. — MM. Émile Picard, Appell, A. Lacroix, Barrois, Hamy, Moureu, Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, Le Chatelier, Desgrez.

XVII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré*. — MM. Barrois, Hamy, Émile Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel*. — MM. Barrois, Hamy, Appell, Guignard, Émile Picard, A. Lacroix.

XIX. *Prix fondé par l'État* (*Grand prix des Sciences physiques*). — MM. A. d'Arsonval, Guignard, Lacroix, Douvillé, Le Chatelier, Henneguy, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Barrois, L. de Launay.

XX. *Prix Alhumbert*. — MM. Roux, Lacroix, Le Chatelier, Wallerant, Joubin, Mesnil, Molliard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Urbain.

XXI. *Prix Lallemand*. — MM. A. d'Arsonval, Bouvier, Henneguy, Marchal, Richet, Joubin, Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Widal, Gravier.

XXII. *Prix Maujean*. — MM. A. d'Arsonval, Roux, Lacroix, Widal, Joubin, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Picard, Richet.

XXIII. *Prix Petit d'Ormoy* (*Sciences mathématiques pures ou appliquées*). — MM. Boussinesq, Picard, Appell, Painlevé, Bigourdan, Lecornu, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hadamard, Kœnigs.

XXIV. *Prix Petit d'Ormoy* (*Sciences naturelles*). — MM. Guignard, Roux, Bouvier, Lacroix, Douvillé, Mangin, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Mesnil.

XXV. *Prix Parkin*. — MM. A. d'Arsonval, Roux, Moureu, Richet, Quénu, Bertrand, Desgrez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Vincent.

XXVI. *Prix Saintour*. — MM. Boussinesq, Émile Picard, Appell, Bigourdan, Baillaud, Kœnigs, Borel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Hamy, M. d'Ocagne.

XXVII. *Prix Lonchampt.* — MM. Guignard, Roux, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche, Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Marchal, Mesnil.

XXVIII. *Prix Wilde.* — MM. Boussinesq, Émile Picard, Guignard, A. Lacroix, Bigourdan, Kœnigs, Borel.

Ont obtenu le plus de suffrages : MM. Hamy, Puiseux.

XXIX. *Fondation Pierre Lafitte.* — MM. Bigourdan, Villard, Branly, Berthelot, Brillouin, Ferrié, Cotton.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Janet, Perrin.

XXX. *Fondation Roy-Vaucouloux.* — MM. Roux, Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. d'Arsonval, Widal.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à désigner dix de ses Membres qui devront, en vertu du décret interministériel du 18 février 1927, la représenter à la *Commission supérieure des Inventions*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° André Defour, *L'énergie des marées ou houille bleue*. Notice et planches. (Présenté par M. J. Bigourdan.)

2° W. A. Obrutschew, *Ueber einige neue Anschauungen in der Tektonik*.

3° *Le Problème de la Conservation des Matériaux, des Habitations et des Monuments*, par A. Knapen. (Présenté par M. J. Breton.)

4° Chapel, *Les catastrophes météorologiques de l'année et leurs causes*.

5° Victor Mosséri, *Revue sommaire des récents travaux sur le maintien et l'amélioration de la qualité des cotons égyptiens*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les partages d'un système d'entiers en groupes de sommes données.* Note de M. **M. Potron**, présentée par M. d'Ocagne.

Étant donnés : un entier N, $2n$ entiers non négatifs α_l et β_l ($l = 1, \ldots, n$) vérifiant $\Sigma\alpha_l = N$ et $\Sigma\beta_l = \frac{N(N+1)}{2}$, soit $C^{\beta}_{N,\alpha}$ une combinaison de α des N premiers entiers ayant pour somme β; on demande de former tous les ensembles de combinaisons possibles $\mathcal{C}^{(\beta)}N, (\alpha)$, comprenant n combinaisons $C^{\beta_l}_{N,\alpha_l}$ et qui reproduisent, à l'ordre près, l'ensemble des N premiers entiers, puis de calculer leur nombre.

1. Soient les $2N$ polynomes à $2n$ variables

$$P_i = \sum_{k=1}^{k=n} a_{ik} x_k y_k^i \quad (i = 1, \ldots, N), \qquad \mathcal{P}_h = \prod_{i=1}^{i=h} P_i \quad (h = 1, \ldots, N),$$

et $b^{\mu_1,\ldots,\mu_n}_{h;\lambda_1,\ldots,\lambda_n}$ le coefficient, dans $\mathcal{P}_h$, de $\Pi x_l^{\lambda_l} y_l^{\mu_l}$; on voit que $b^{\beta_1,\ldots,\beta_n}_{N;\alpha_1,\ldots,\alpha_n}$ est une somme de produits $\prod_{i=1}^{i=N} a_i k_i$. Dans chacun, les indices i tels que $k_i = l$ forment une $C^{\beta_l}_{N,\alpha_l}$; et l'ensemble forme une $\mathcal{C}^{(\beta)}N, (\alpha)$. Toutes ces combinaisons figurent de cette manière dans le coefficient considéré; et, si l'on a r systèmes distincts (α_j, β_j) répétés q_j fois ($j = 1, \ldots, r \leqq n$, $\Sigma q_j = n$), la même combinaison y figure $\Pi q_j!$ fois.

2. Si l'on remplace tous les a_{ik} par 1, on voit que le nombre des $\mathcal{C}^{(\beta)}N, (\alpha)$ distinctes est le quotient, par $\Pi q_j!$ du coefficient de $\Pi x_l^{\alpha_l} y_l^{\beta_l}$ dans

$$\prod_{i=1}^{i=N}\left(\sum_{k=1}^{k=n} x_k y_k^i\right).$$

3. Pour former ces coefficients, on pourra utiliser les récurrences

$$b^{\mu_1,\ldots,\mu_k,\ldots,\mu_n}_{h;\lambda_1,\ldots,\lambda_k,\ldots,\lambda_n} = \sum_{k=1}^{k=n} a_{hk}\, b^{\mu_1,\ldots,\mu_k-h,\ldots,\mu_n}_{h-1;\lambda_1,\ldots,\lambda_k-1,\ldots,\lambda_n}.$$

Le calcul peut d'ailleurs être dirigé de manière que l'on n'obtienne qu'une fois chacune des combinaisons cherchées.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les diagrammes de la probabilité.* Note [1] de M. **Beniamino Segre**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans le problème des épreuves répétées, si p est la probabilité constante des cas favorables, donc $q = 1 - p$ la probabilité contraire, la probabilité P pour que dans n épreuves consécutives k soient favorables et $n - k$ défavorables est

$$P = \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \quad (^2).$$

Pour étudier cette probabilité, on peut avoir recours à une représentation géométrique [3]. Prenons dans un plan un système de coordonnées Cartésiennes (x, y), et, *pour une valeur fixée de n*, marquons les points $A_k^{(n)}$ dont l'abscisse $x_k^{(n)}$ est l'écart, et l'ordonnée $y_k^{(n)}$ est la probabilité P correspondante

$$(1) \qquad \begin{cases} x_k^{(n)} = k - np, \\ y_k^{(n)} = \binom{n}{k} p^k q^{n-k}. \end{cases}$$

On peut donner à k toutes les valeurs entières (positives ou négatives) en convenant que $\binom{n}{k}$ soit nul pour $k < 0$ et pour $k > n$. En joignant avec des segments de droite chaque point $A_k^{(n)}$ avec le successif $A_{k+1}^{(n)}$, on obtient *un diagramme de la probabilité* $\Delta^{(n)}$ [4].

2. Le diagramme $\Delta^{(n)}$ coïncide avec le semi-axe des x négatives jusqu'au point $A_{-1}^{(n)}$; puis il croît jusqu'à avoir un maximum ou deux maximums consécutifs et égaux, après quoi il décroît jusqu'au point $A_{n+1}^{(n)}$ de l'axe des x;

---

(1) Séance du 28 février 1927.

(2) Cf. par exemple Émile Borel, *Éléments de la théorie des probabilités*, Chap. V, n° 28 (Paris, Hermann, 1924).

(3) Cf. Guido Castelnuovo, *Calcolo delle probabilità*, vol. 1, Chap. IV, n° 31 (Bologna Zanichelli, 1926).

(4) Pour n très grand, le diagramme $\Delta^{(n)}$ peut s'assimiler à la *courbe de la probabilité*

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi npq}} e^{-\frac{x^2}{2npq}}.$$

ensuite il coïncide avec le semi-axe des x positives (¹). L'aire comprise entre $\Delta^{(n)}$ et l'axe des x vaut $\sum_{k=0}^{n} y_k^{(n)} = 1$.

3. On a une propriété curieuse si l'on considère deux diagrammes consécutifs $\Delta^{(n)}$ et $\Delta^{(n+1)}$, savoir que *le deuxième est inscrit dans le premier :* précisément en se servant des (1), on voit aisément que le sommet $A_k^{(n+1)}$ est sur le côté $A_{k-1}^{(n)} A_k^{(n)}$, quels que soient k et n (²). Cette proposition permet, avec une simple construction graphique, de passer de $\Delta^{(n)}$ à $\Delta^{(n+1)}$, et donc de construire successivement tous les diagrammes en partant de $\Delta^{(0)}$: les sommets de celui-ci ont les abscisses entières et les ordonnées toutes nulles, sauf celle qui correspond à $x = 0$ qui vaut 1.

4. Un côté $A_k^{(n)} A_{k+1}^{(n)}$ de $\Delta^{(n)}$ qui ne soit pas sur l'axe des x, sera dit *inflexionnel* pour $\Delta^{(n)}$, lorsque les côtés voisins sont situés de part et d'autre de lui : dans ce cas, les aires des triangles $A_k^{(n+1)} A_k^{(n)} A_{k+1}^{(n+1)}$ et $A_{k+1}^{(n+1)} A_{k+1}^{(n)} A_{k+2}^{(n+1)}$ sont de signes opposés, et le diagramme $\Delta^{(n+1)}$ *traverse* en $A_{k+1}^{(n+1)}$ le diagramme $\Delta^{(n)}$. Cela posé, on a aisément que :

Un diagramme $\Delta^{(n)}$ présente généralement deux côtés inflexionnels, l'un dans le trait ascendant, et l'autre dans le trait descendant; il est traversé deux fois par le diagramme $\Delta^{(n+1)}$, et précisément en des points de ces deux côtés (³).

(¹) Cela est mis en évidence par la formule

$$y_k^{(n)} - y_{k+1}^{(n)} = \frac{n!\, p^k q^{n-k-1}}{(k+1)!\,(n-k)!}(x_k^{(n)} + q) \qquad (\text{pour } k = -1, 0, \ldots, n),$$

qu'on déduit aisément des (1).

(²) D'ici on a tout de suite que le maximum de $\Delta^{(n+1)}$ n'est jamais plus grand que le maximum de $\Delta^{(n)}$, et est égal à celui-ci seulement dans le cas où $\Delta^{(n)}$ a deux maximums égaux.

(³) Ce qui précède est plus clair si l'on fait un dessin schématique.

En substituant aux diagrammes les courbes de la probabilité, on a la proposition suivante :

Si l'on considère la famille de courbes $y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2}$, son enveloppe coïncide avec la courbe lieu des points d'inflexion des courbes de ladite famille.

En effet, ces deux courbes sont données l'une et l'autre par deux branches des hyperboles conjuguées $xy = \frac{\pm 1}{\sqrt{2\pi e}}$.

GÉOMÉTRIE. — *Une généralisation nouvelle du théorème de Phragmén-Brouwer.* Note [1] de M. **Paul Alexandroff** [2], présentée par M. J. Hadamard.

1. Le but de la présente Note est de démontrer le théorème suivant, qui constitue une seconde généralisation [3], assez définitive, du théorème de Pragmén-Brouwer :

Théorème fondamental. — *Soient* F_1 *et* F_2 *deux ensembles fermés et bornés situés dans l'espace n-dimensionnel* E^n, *et r un entier non négatif quelconque, inférieur à* $n-1$. *Supposons donné un complexe fermé r-dimensionnel* Γ^r *qui n'est pas enlacé* [4] *avec* F_1 *ni avec* F_2, *tout en étant étranger à la somme* $F = F_1 + F_2$ *de ces deux ensembles; si l'on a, pour la partie commune* Φ *aux ensembles* F_1 et F_2,

$$p^{n-r-2}(\Phi) = 0,$$

Γ^r *n'est pas enlacé avec l'ensemble-somme* F.

2. Les propositions suivantes sont des conséquences immédiates du théorème fondamental.

Corollaire I. — *Si, dans les suppositions de l'énoncé précédent,*

$$\dim \Phi \leqq n - r - 3,$$

on a $\Gamma^r \sim 0$ (dans $E^n - F$).

Remarque. — En posant dans l'énoncé du corollaire I $r = 0$, on obtient le théorème de Phragmén-Brouwer généralisé tel que je l'ai démontré

---

(1) Séance du 7 février 1927.

(2) Le lecteur est supposé au courant des notions et des résultats exposés dans mes Notes précédentes : 1° *Sur la dimension des ensembles fermés* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 640); 2° *Sur les multiplicités cantoriennes et le théorème de Phragmén-Brouwer généralisé* (*ibid.*, p. 722); 3° *Une définition des nombres de Betti pour un ensemble fermé quelconque* (ce volume, p. 317); 4° *Sur la décomposition de l'espace par des ensembles fermés* (ce volume, p. 425); elles seront désignées simplement par leurs numéros respectifs 1, 2, 3, 4.

(3) La première généralisation est donnée dans ma seconde Note.

(4) Nous dirons que le complexe fermé Γ^k *n'est pas enlacé* avec l'ensemble fermé ψ (situé dans E^n), si l'on a

$$\Gamma^k \sim 0 \qquad (\text{dans } E^n - \psi);$$

Γ^k est dit *enlacé* avec ψ dans le cas contraire. Voir, pour la définition des homologies $\Gamma^k \sim 0$ et des complexes fermés, par exemple le livre de M. Veblen *Analysis Situs* (*Cambridge Colloquium*, 1916, réimpression de 1922, p. 73 et 81).

dans ma deuxième Note; en posant en outre $n = 2$, on obtient l'énoncé classique du théorème de Phragmén-Brouwer.

Corollaire II. — *Si* Γ^r *est enlacé avec un ensemble fermé* F, *tandis qu'on a quel que soit le vrai sous-ensemble fermé* F_0 *de* F,

$$\Gamma^r \sim 0 \qquad (\text{dans } E - E_0),$$

l'ensemble F *ne peut être décomposé par aucun ensemble* Φ *vérifiant la condition* $p^{n-r-2}(\Phi) = 0$ [donc, en particulier, par aucun ensemble de dimension $\leq n - r - 3$ et par aucun ensemble simplement connexe [1] de dimension $n - r - 2$ [2]].

Corollaire III [théorème d'Urysohn généralisé [3]). — *Une frontière commune de deux ou plusieurs domaines connexes (dans* E^n*) ne peut être décomposé par aucun ensemble de dimension* $n - 3$, *et par aucun ensemble simplement connexe de dimension* $n - 2$; *elle est donc, en particulier, une multiplicité cantorienne (fermée) à* $n - 1$ *dimensions.*

3. *Démonstration du théorème fondamental.* — Il existe, d'après nos suppositions, deux complexes K_1^{r+1} et K_2^{r+1} (l'indice supérieur désignant toujours le nombre de dimensions) tels que

$$K_1^{r+1} \equiv \Gamma^r \qquad (\text{dans } E^n - F_1)$$

et

$$K_2^{r+1} \equiv \Gamma^r \qquad (\text{dans } E^n - F_2),$$

où le signe $\equiv$ a la signification habituelle (due à Poincaré), à savoir, par exemple, que K_1^{r+1} a Γ^r pour sa frontière complète (qui, selon notre convention, doit être envisagée *modulo* 2).

Posons

$$\Gamma^{r+1} = K_1^{r+1} + K_2^{r+1} \qquad (\text{mod } 2);$$

le complexe fermé Γ^{r+1} est évidemment étranger à Φ; comme, d'autre part, $p^{n-r-2}(\Phi) = 0$, il résulte du lemme III de ma quatrième Note qu'on a

$$\Gamma^{r+1} \sim 0 \qquad (\text{dans } E^n - \Phi).$$

Nous nous trouvons donc dans les hypothèses d'un théorème de

---

(1) Un ensemble fermé F de dimension λ est dit *simplement connexe*, si l'on a $p^\lambda(F) = 0$.

(2) Un cas particulier du corollaire II est la proposition suivante :

Si l'on a, dans les suppositions du corollaire II, $\dim F = n - r - 1$, F *est une multiplicité cantorienne fermée ne pouvant être décomposée par aucun ensemble simplement connexe de dimension* $n - r - 2$.

(3) Voir, pour les références bibliographiques, ma seconde Note (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 425).

M. Alexander (¹), dont l'application directe nous donne l'homologie désirée

$$\Gamma^r \sim 0 \qquad (\text{dans } E^n - F). \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux dont les tangentes appartiennent à des complexes linéaires* (²). Note (³) de M. **Jacques**, présentée par M. Kœnigs.

Soient M un tel réseau; R, S ses transformés par la méthode de Laplace en allant de u vers v et de v vers u; ξ, η les paramètres normaux de ses tangentes, m et n ses rotations.

On peut supposer que les complexes linéaires admettent le troisième axe de coordonnées comme axe central commun. On désignera par m, r, s les réseaux projection de M, R, S sur le plan formé par les deux premiers axes.

Dans ces conditions, on a (⁴)

$$e^\varphi = \xi_1\eta_2 - \xi_2\eta_1 = n\mathrm{V} = m\mathrm{U}.$$

Déterminons A, B, C, D de telle manière que pour $i = 1, 2$

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial \xi_i}{\partial u} &= \mathrm{A}\xi_i + \mathrm{B}\eta_i, \\ \frac{\partial \xi_i}{\partial v} &= n\eta_i; \end{aligned}\right. \qquad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial \eta_i}{\partial u} &= m\xi_i, \\ \frac{\partial \eta_i}{\partial v} &= \mathrm{C}\xi_i + \mathrm{D}\eta_i; \end{aligned}\right.$$

on en déduit

$$\left\{\begin{aligned} \mathrm{A} &= \frac{\partial \varphi}{\partial u}, \\ \mathrm{D} &= \frac{\partial \varphi}{\partial v}; \end{aligned}\right. \qquad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial \mathrm{B}}{\partial v} + \mathrm{B}\frac{\partial \varphi}{\partial v} &= 0, \\ \frac{\partial \mathrm{C}}{\partial u} + \mathrm{C}\frac{\partial \varphi}{\partial u} &= 0; \end{aligned}\right.$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u\, \partial v} + \mathrm{BC} = mn.$$

Les variables et les paramètres normaux étant choisis de façon con-

(¹) *Amer. Trans.*, **23**, 1922, p. 342, *corollary* W^i.

(²) Mémoire de M. Wilczinski, *Académie Royale de Belgique*, 2ᵉ série, 3, 1912, fascicule V.

(³) Séance du 21 février 1927.

(⁴) Notes de M. C. Guichard, *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 1185; **173**, 1921, p. 145.

venable, on peut écrire

$$e^{\varphi} = \xi_1 \eta_2 - \xi_2 \eta_1 = n = m,$$
$$B = C = e^{-\varphi},$$

$$i = 1, 2 \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \xi_i}{\partial u} &= \frac{\partial \varphi}{\partial u} \xi_i + e^{-\varphi} \eta_i, \\ \frac{\partial \xi_i}{\partial v} &= e^{\varphi} \eta_i; \end{aligned} \right. \qquad \left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \eta_i}{\partial u} &= e^{\varphi} \xi_i, \\ \frac{\partial \eta_i}{\partial v} &= \frac{\partial \varphi}{\partial v} \eta_i + e^{-\varphi} \xi_i. \end{aligned} \right.$$

On voit que

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u \, \partial v} = e^{2\varphi} - e^{-2\varphi}.$$

Soient x les coordonnées de M et q, r les quantités définies par les relations

$$x_1 = q \xi_1 + r \eta_1,$$
$$x_2 = q \xi_2 + r \eta_2.$$

qui donnent

$$x_1 \xi_2 - x_2 \xi_1 = \lambda \xi_3 = - r e^{\varphi}$$
$$x_1 \eta_2 - x_2 \eta_1 = \mu \eta_3 = \quad q e^{\varphi}$$

et en tenant compte des égalités

$$\frac{\partial x_i}{\partial u} = h \xi_i$$
$$\frac{\partial x_i}{\partial r} = l \eta_i$$

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{\partial r}{\partial u} + q e^{-\varphi} = 0 \ \text{[1]} \\ & \frac{\partial r}{\partial v} + r \frac{\partial \varphi}{\partial v} + \frac{\lambda}{\mu} q e^{\varphi} = 0 \end{aligned} \right. \qquad \left\{ \begin{aligned} & \frac{\partial q}{\partial u} + q \frac{\partial \varphi}{\partial u} + \frac{\mu}{\lambda} r e^{\varphi} = 0 \\ & \frac{\partial q}{\partial v} + r e^{-\varphi} = 0 \end{aligned} \right.$$

$$h = r e^{\varphi} \left(1 - \frac{\mu}{\lambda} \right)$$
$$l = q e^{\varphi} \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} \right).$$

Les relations précédentes permettent inversement de déduire d'une solution φ de l'équation des surfaces à courbure totale constante un réseau M.

La méthode précédente s'applique également avec de légères modifications aux réseaux intégrables par la méthode de Laplace. Nous nous contenterons d'indiquer les résultats.

Il y a lieu d'envisager les deux cas suivants : 1° m est un réseau — B, r est

(1) On vérifie que le système d'équations est un système complet.

alors un réseau $+A$ et la fonction φ envisagée satisfait à l'équation de Liouville.

Ce cas se présente en particulier lorsque le complexe auquel appartient la tangente M, S est un complexe spécial.

2° m est un réseau $-A'$, r est alors un réseau $+A'$. La congruence MR est formée par les droites qui s'appuient sur deux droites conjuguées par rapport à un complexe linéaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de M. Hadamard relatif à la multiplication des singularités.* Note [1] de M. **G. Pólya.**

Soit $z=1$ un point singulier situé sur le cercle de convergence de la série

$$(1)\qquad f(z)=a_0+a_1z+a_2z^2+\ldots.$$

Si $f(z)$ reste régulière dans tous les points intérieurs d'un cercle suffisamment petit C de centre 1 qui sont extérieurs à l'axe réel, le point 1 sera appelé point *semi-isolé*. Si même les points réels situés dans C (excepté naturellement 1) peuvent être franchis par le prolongement analytique de $f(z)$ d'un certain côté (d'en bas par exemple) le point 1 sera appelé point *isolé*. Un point isolé autour duquel la fonction reste uniforme (donc un pôle ou un point essentiel) sera appelé *non critique*.

Théorème. — *Admettons que* 1 *est l'unique point singulier situé sur le cercle de convergence des deux séries*

$$(1)\quad f(z)=a_0+a_1z+a_2z^2+\ldots \quad et \quad (2)\quad g(z)=b_0+b_1z+b_2z^2+\ldots,$$

qu'il est un point SEMI-ISOLÉ *pour* $f(z)$ *et un point* ISOLÉ *pour* $g(z)$. *Alors il sera effectivement point singulier de la série*

$$H(f,g)=a_0b_0+a_1b_1z+a_2b_2z^2+\ldots.$$

Il me semble que ce théorème contient la réponse à une question abordée par M. Borel [2]. Il montre que le produit de deux points singuliers isolés est effectivement singulier. M. Faber a montré auparavant [3] que le

[1] Séance du 14 février 1927.

[2] E. Borel, *Bulletin de la Soc. mat. de France,* **26**, 1898, p. 238-248.

[3] G. Faber, *Jahresbericht des deutsch. Math.-Ver.*, **16**, 1907, p. 285-298. L'auteur a supprimé un point essentiel de sa démonstration (voir la note p. 297) mais on peut compléter ce point.

produit de deux points isolés est effectivement singulier, *si au moins un des deux facteurs est non critique*. J'observe d'ailleurs que le produit de deux points singuliers semi-isolés peut être régulier. Ainsi les deux séries

$$\varphi(z) = \sum z^n e^{n(-1+\cos\log\log n)\log\log n} \quad \text{et} \quad \psi(z) = \sum z^n e^{n(-1+\sin\log\log n)\log\log n}$$

admettent 1 comme point singulier semi-isolé et sont régulières en dehors d'une coupure rectiligne allant de 1 à $+\infty$, tandis que $H(\varphi, \psi)$ est une fonction entière.

2. Je vais énoncer trois lemmes, les deux premiers sous une forme un peu plus générale qu'il n'est strictement nécessaire pour la démonstration. Pour faciliter l'expression j'introduis quelques locutions abrégées. Désignons par ρ le rayon de convergence de la série $d_0 + d_1 z + d_2 z^2 + \ldots$ et donnons ε, $0 < \varepsilon < 1$. Je dirai que d_m est un « coefficient fort » ou un « coefficient faible » suivant que

$$|d_m| > \rho^{-m}(1-\varepsilon)^m \quad \text{ou} \quad |d_m| \leqq \rho^{-m}(1-\varepsilon)^m.$$

Désignons le nombre des coefficients forts dont l'indice est inférieur à r par $N(r)$. Par « densité supérieure » et « densité inférieure » des coefficients, j'entends $\overline{\lim}_{r\to\infty} r^{-1}N(r)$ et $\underline{\lim}_{r\to\infty} r^{-1}N(r)$ respectivement.

Admettons que β et β' sont des points singuliers de la série

$$(2) \qquad g(z) = b_0 + b_1 z + b_2 z^2 + \ldots$$

situés sur son cercle de convergence et que l'arc (β, β') de ce cercle ne contient pas d'autres points singuliers. Soit γ un point isolé non critique de la série

$$(3) \qquad h(z) = c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + \ldots,$$

et l'unique point situé sur son cercle de convergence. Alors $\beta\gamma$ et $\beta'\gamma$ sont effectivement des points singuliers de $H(g, h) = b_0 c_0 + b_1 c_1 z + \ldots$.

II. *Si, parmi les points singuliers qui se trouvent sur le cercle de convergence d'une série, il y a des points isolés, la densité inférieure des coefficients forts est différente de zéro.*

III. *Si, sur le cercle de convergence d'une série, il n'y a qu'un point singulier qui est un point semi-isolé, la densité supérieure des coefficients forts est égale à 1.*

3. Je dois me borner à une indication rapide de la démonstration du lemme II. Admettons que β est un point singulier isolé situé sur le cercle de convergence de la série (2). Posons $b_m = b'_m$ ou $b_m = b''_m$ suivant que le

coefficient b_m est fort ou faible et soit

$$b'_0 + b'_1 z + b'_2 z^2 + \ldots = g_1(z), \qquad b''_0 + b''_1 z + b''_2 z^2 + \ldots = g_2(z).$$

β est un point régulier de $g_2(z)$ et un point singulier isolé de $g_1(z)$. Supposons, par impossible, que la densité inférieure des coefficients de $g_1(z)$ soit $= 0$. On déterminera, en suivant une méthode de M. Faber, la série (3) qui n'a qu'une singularité dans tout le plan, à savoir un point essentiel au point 1 et qui a une infinité de coefficients nuls, de manière que

$$H(g_1, h) = b'_0 c_0 + b'_1 c_1 z + \ldots$$

présente des lacunes *à la Ostrowski*. Je dis que la série $A_1 z^{\lambda_1} + A_2 z^{\lambda_2} + \ldots$ présente des lacunes *à la Ostrowski* si $\overline{\lim}_{n \to \infty} \lambda_{n-1}^{-1} \lambda_n = \infty$; une telle série ne possède aucun point singulier isolé ([1]). D'autre part, en vertu du lemme I, le point β est point isolé de $H(g_1, h)$. Cette contradiction démontre le lemme II.

4. Retournons au théorème énoncé au début. La densité supérieure des coefficients forts de $f(z)$ est $= 1$, en vertu de III, et la densité inférieure des coefficients forts de $g(z)$ est > 0, en vertu de II. Donc il y a certainement une infinité d'indices m tels qu'on a *simultanément*

$$|a_m| > (1 - \varepsilon)^m, \qquad |b_m| > (1 - \varepsilon)^m.$$

Par conséquent le rayon de convergence de $H(f, g)$ est $\leq (1 - \varepsilon)^{-2}$, où ε est arbitrairement petit. C. Q. F. D.

Observation de M. **Hadamard** *sur la Note précédente.*

L'analyse de M. Pólya résout pour la première fois la question importante que s'était posée M. Borel, au moins dans le cas le plus typique. La méthode s'étend d'ailleurs d'elle-même, comme me l'a fait remarquer personnellement M. Pólya, à des cas très généraux où il ne s'agit plus des points singuliers les plus rapprochés de l'origine; le cas tout à fait général n'exigerait même sans doute qu'une discussion appropriée de diverses branches que peuvent présenter les fonctions étudiées.

([1]) A. Ostrowski, *Journal of the London Math. Soc.*, 1, 1926, p. 251-263. Voir p. 257.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un certain système d'équations aux dérivées partielles*. Note de M. **P. Tzitzéica**, présentée par M. Émile Borel.

Si l'on considère, dans un espace projectif S_n, une congruence (y, y'), rapportée à ses developpables et définie par ses réseaux focaux (y) et (y'), on démontre aisément qu'un point quelconque x du rayon yy' décrit une surface qui satisfait à un système de la forme

$$(1) \qquad \begin{cases} x_{uuv} = r x_{uu} + S x_{uv} + p x_u + q x_v + m x, \\ x_{vvu} = r' x_{vv} + S' x_{vu} + p' x_v + q' x_u + m' x; \end{cases}$$

nous dirons que cette surface est *conjuguée* à la congruence (y, y').

M. B. Segre vient de démontrer (¹), que réciproquement toute surface qui vérifie un système (1), complètement intégrable, est conjuguée à une congruence.

Ce beau résultat de M. Segre permet, sous sa forme géométrique, d'étudier d'une manière simple la transformation d'un système (1), donnée par M. Bompiani en 1919 dans le recueil du *Reale Istituto lombardo di scienze e lettere*, et analogue à la transformation de Laplace pour les réseaux.

A cet effet il faut remarquer que les formules de M. Segre prouvent, que la tangente en x à la courbe $u = \text{const.}$ coupe la tangente correspondante en y et qu'il en est de même pour les tangentes aux courbes $v = \text{const.}$ en x et y'.

Alors la transformation de M. Bompiani revient à ceci. Considérons les transformées de Laplace, dans le sens des courbes $u = \text{const.}$, de y, à savoir : $y_1, y_2, \ldots, y_n, \ldots$; ensuite les transformées de Laplace, dans le sens des courbes $v = \text{const.}$ de y', à savoir : $y'_1, y'_2, \ldots y'_n, \ldots$. La tangente au point x, qui est situé sur yy', à la courbe $u = \text{const.}$, coupe yy_1 en x_1, qui décrit ainsi une surface conjugée à la congruence (y, y_1). Cette surface vérifie donc un système de la forme (¹). En partant de x_1 et en allant toujours dans le sens des courbes $u = \text{const.}$ on obtient x_2 sur $y_1 y_2$, x_3 sur $y_2 y_3$ et ainsi de suite. On a ainsi une suite de surfaces vérifiant des systèmes de la forme (1) et déduites l'une de l'autre par un procédé géométrique simple et régulier. On peut appliquer cette transformation aussi dans le sens des courbes $v = \text{const.}$ C'est là la transformation de M. Bompiani.

(¹) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 268.

La forme géométrique de la transformation permet de voir, d'une manière intuitive, qu'en général elle n'est pas réversible. Prenons en effet la surface (x_1) conjuguée à (y, y_1) et appliquons-lui la transformation de M. Bompiani dans le sens des courbes $v = \text{const}$. On ne retrouvera la surface (x) que dans le cas où xx_1 décrit une congruence (x, x_1) ayant (x) et (x_1) pour réseaux focaux. Dans ce cas x vérifie une équation de Laplace et la transformation de M. Bompiani se confond avec celle de Laplace.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur quelques cas de cavitation.* Note (¹) de M. **D. Riabouchinsky**, présentée par M. G. Kœnigs.

On voit souvent apparaître, dans les liquides, des cavités sous la forme de tourbillons creux. Considérons un tourbillon rectiligne dans un liquide parfait, dénué de poids, et limité extérieurement par une surface cylindrique, extensible, de rayon r_2, et nommons r_1 le rayon de la cavité, $\alpha = \pi r_1^2$ et c le rapport $r_2 : r_1$. Nous supposerons c très grand et que le carré de la circulation $\varkappa^2$ et la pression extérieure p_a sont de l'ordre de grandeur de $\log c$. En raison de ces conventions le potentiel des vitesses et l'équation de pression seront

$$\varphi = \frac{\dot{\alpha}}{2\pi}\log r - \frac{\varkappa}{2\pi}\theta, \qquad \ddot{\alpha} = \frac{\varkappa^2}{r\log c}\,\frac{1}{\alpha} - \frac{2\pi p_a}{\rho\log c}.$$

Si l'on admet que $\varkappa$ et p_a ne varient pas avec le temps et $\dot{\alpha}$, $\ddot{\alpha}$ ne sont pas nulles simultanément, la cavité oscillera indéfiniment entre les racines α_1, α_2 de l'équation $\dot{\alpha} = 0$.

Considérons maintenant la déformation d'une cavité, ayant, à l'instant initial, une forme sphérique, dans un liquide pesant, en supposant que le rapport du rayon a de la sphère à la distance h du centre de la sphère à la surface du liquide est petit. Nous admettrons que la cavité renferme un gaz soumis à une pression p (²), comme une bulle d'air dans l'eau. Le

---

(¹) Séance du 21 février 1927.

(²) Le problème d'une cavité sphérique contenant un gaz sous pression, dans un liquide dénué de poids a été étudié par M. H. Lamb (*Philosophical Magazine*, 6ᵉ série, 45, 1923, p. 257-265). Je pense qu'il y a lieu de considérer qu'une cavité qui *augmente de volume* doit être, dans ces conditions, instable.

potentiel des vitesses s'écrira

$$\varphi = \left[\left(\frac{p_a}{\rho} + gh - \frac{p_0}{\rho}\right)\frac{a}{r} - ga\cos\theta\left(\frac{a}{r}\right)^2\right]t + \frac{\varphi_3}{3!}t_3 + \frac{\varphi_5}{5!}t^5 + \ldots,$$

les fonctions φ_3, φ_5, ..., pouvant être calculées en appliquant une méthode que j'ai indiquée antérieurement [1]. Par exemple, dans le cas d'une bulle [2] remontant à la surface d'un liquide, on trouve, en admettant que $p_0 = p_a + \rho g h$,

$$\varphi = -a\cos\theta\left(\frac{a}{r}\right)^2 gt - \left[\frac{2}{3}\left(\frac{a}{r}\right) + \frac{1}{2}(3\cos^2\theta - 1)\left(\frac{a}{r}\right)^3\right]g^2t^3 - \ldots.$$

Ces équations permettent de montrer que les cavités tendent à devenir concaves par en bas.

Il y a lieu de considérer deux cas typiques de cavitations produites par le mouvement de solides : celui où le solide, que nous supposerons être, par exemple, une sphère, étant animé d'une vitesse uniforme U_0, la pression extérieure diminue brusquement [3], et celui de la communication brusque de la vitesse U_0 à un solide au repos. Dans le premier cas le fluide se détachera de la paroi sur une bande annulaire S_1 symétrique par rapport à l'équateur et, dans le second cas, sur une surface S_2 entourant le pôle $\theta = \pi$. Le potentiel du mouvement relatif φ' et celui du mouvement absolu, rapporté à des axes liés à la sphère, φ pourront être mis sous la forme

$$(1) \qquad \begin{cases} \varphi' = -U_0 \times + \varphi = -U_0 \times + \varphi_0 + \varphi_1 t + \ldots \\ \varphi' = -U_0 \times + \varphi = -U_0 \times + (\varphi_0 + \varphi_a) + \varphi_1 t + \ldots \end{cases}$$

$$\left[\varphi_0 = -\frac{1}{2}U_0 a\left(\frac{a}{z}\right)^2\cos\theta\right].$$

Les valeurs de φ_1 sur S_1 et de φ_a sur S_2 seront respectivement

$$(\varphi_1)_{s_1} = \frac{P_a}{\rho} - \frac{1}{2}U_0^2\left(\frac{9}{r}\sin^2\theta - 1\right), \qquad (\varphi_a)_{s_2} = \frac{1}{2}U_0 a\cos\theta.$$

En tous les autres points de la paroi les dérivées normales de φ_1 et φ_a

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1326.

(2) En nommant p_0, v_0 et p, v la pression et, le volume de la cavité aux instants o et t on aura, pour exprimer p en fonction du temps, une relation de la forme $pv^n = p_0 v_0^n$. Pour calculer, à l'instant initial, les dérivées de v et par conséquent, celles de p on peut utiliser la relation $\frac{4}{3}\pi h^3 - v = \text{const.}$, où h est le *rayon*, très grand, de la *sphère* limitant le fluide extérieurement.

(3) LORD KELVIN, *Proc. Roy, Soc.*, **42**, 1887, Feb. 3, p. 80.

doivent être nulles (¹) et les fonctions de Stokes, conjuguées à φ_1 et φ_a auront des valeurs constantes $\pm\psi_c$ et ψ_c (²).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE — *L'oscillateur de Planck.* Note de M. **Raoul Ferrier**, transmise par M. Paul Painlevé.

J'avais annoncé, dans une communication antérieure (³), la possibilité de concevoir l'oscillateur de Planck non pas comme un objet réel, mais bien comme une simple perturbation de l'éther, susceptible d'osciller, pour ainsi dire, sur elle-même, au lieu de se disperser dans l'espace comme le font les perturbations spéciales que l'on nomme ondes électriques. J'avais dit qu'une telle oscillation obéit à des lois bien différentes de celles des ondes ordinaires, puisque le champ électrique n'y possède pas de tourbillon, et que son évolution est donnée par les équations préquantiques, tant qu'il ne s'est pas formé de point singulier.

Les équations générales que j'ai posées, il y a deux ans (⁴), pour compléter celles de Maxwell, donnent la solution du problème de l'oscillateur de Planck, où le champ électrique possède une singularité. Je rappelle ici ces formules

$$\Delta\mathcal{E} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}}{\partial t^2} + \frac{2}{c}\frac{\partial}{\partial t}\operatorname{rot}\mathcal{H} \qquad \operatorname{div}\mathcal{H} = 0$$
$$\Delta\mathcal{E} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}}{\partial t^2} - \frac{2}{c}\frac{\partial}{\partial t}\operatorname{grad}\mathcal{A}$$

$\mathcal{E}$ étant le champ électrique, $\mathcal{H}$ le vecteur magnétique, et $\mathcal{A}$ le scalaire ampérien, que j'ai précisément introduit à cette occasion.

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1327.

(²) Sur les surfaces S_1, S_2, limitées par les angles $\frac{\pi}{2}\pm\theta_0$ et $\pi-\theta_0$, les fonctions φ_1, φ_a seront < 0, car elles ne doivent s'annuler qu'à l'infini. Ces angles seront déterminés par la condition qu'ils satisfont simultanément aux équations (1) et $\psi=\psi_c$. Il faudra vérifier *a posteriori* qne la pression p, qui s'annule sur S_1 et S_2, est effectivement > 0 en tous les autres points de la paroi. En disposant à l'intérieur du solide, dont la forme, dans le cas général, peut être quelconque, des sources positives et négatives, on pourra choisir l'intensité de ces sources de manière à satisfaire, en un certain nombre de points à la surface du solide, aux conditions indiquées plus haut et ramener ainsi ce problème à la solution de systèmes d'équations linéaires, dont le nombre dépendra de l'approximation que l'on voudra obtenir.

(³) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 963.

(⁴) *Les nouveaux axiomes de l'Électronique*, Blanchard, 1925, p. 49, équations (10).

L'intégrale d'énergie

$$W = \int \frac{\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2 - \mathcal{A}^2}{8\pi} d\tau = \text{const.}$$

n'est une conséquence de ces équations que dans le cas où les champs sont réguliers (et nuls à l'infini). On peut en effet remonter, dans ce cas, aux équations de Maxwell et à mes équations préquantiques, qui entraînent cette dernière relation comme un corollaire évident. Mais, dans tout autre cas, et notamment lorsqu'il existe des points critiques, cette équation d'énergie devient *distincte*.

Je vais donner une expression du champ de l'oscillateur, telle que toutes ces conditions soient satisfaites.

Soit p un vecteur oscillant, de direction fixe, appliqué au point $M(x, y, z)$ qui sera le centre de l'oscillateur de fréquence ν ;

$$p = p_0 \cos 2\pi\nu t;$$

posons

$$U = \frac{1}{r^3}\left[(x-a)p_x + (y-b)p_y + (z-c)p_z\right]\left[\left(1 + \frac{2\pi\nu r}{c}\right)e^{-\frac{2\pi\nu r}{c}} - 1\right].$$

Les valeurs suivantes satisfont aux équations différentielles :

$$\mathcal{E} = \text{grad}\, U, \qquad \mathcal{A} = \frac{1}{c}\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{1}{2c}\frac{\partial}{\partial t}\mathcal{A}_p, \qquad \mathcal{H} = \frac{1}{2c}\frac{\partial}{\partial t}\mathcal{H}_p,$$

$$\mathcal{H}_p = -\left[\text{grad}\frac{1}{r}, p\right], \qquad \mathcal{A}_p = -\left(\text{grad}\frac{1}{r}, p\right),$$

toutes les dérivations étant effectuées par rapport aux coordonnées a, b, c.

Or, il se trouve que ces expressions satisfont précisément à la condition d'énergie. On obtient, en effet, après intégration dans tout l'espace :

$$\frac{1}{8\pi}\int \mathcal{E}^2 d\tau = \frac{2}{3}\frac{\pi^3\nu^3}{c^3} p_0^2 \cos^2 2\pi\nu t,$$

$$\frac{1}{8\pi}\int (\mathcal{H}^2 - \mathcal{A}^2) d\tau = \frac{2}{3}\frac{\pi^3\nu^3}{c^3} p_0^2 \sin^2 2\pi\nu t,$$

cette dernière intégrale possédant bien une signification si l'on astreint sa somme à être finie.

Dans ces formules, les coordonnées x, y, z de l'oscillateur sont indépendantes du temps. On obtient toutes les solutions correspondant à des *translations* rectilignes et uniformes en utilisant le groupe que j'ai signalé dans la Communication visée ci-dessus.

Enfin le très léger amortissement constaté dans les oscillations qui

émettent la lumière est l'indice d'une structure discontinue de l'éther; les équations ne sont rigoureusement valables qu'à une distance du point critique supérieure à 10^{-13} cm (en ordre de grandeur). Cette restriction est vraisemblablement la raison pour laquelle on ne constate pas d'émission de lumière elliptique : les lignes de champ et les lignes de courant ne forment une figure invariable que si la vibration est rectiligne ou circulaire.

Cette théorie sera développée dans un autre Recueil ([1]).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration approchée des quelques équations aux dérivées partielles de la Physique mathématique.* Note de M. **Nicolas Kryloff**, présentée par M. Hadamard.

Les méthodes élaborées ([2]) par moi pour l'intégration approchée des équations différentielles ordinaires peuvent être, dans une certaine mesure, généralisées pour les équations aux dérivées partielles. Prenons, pour s'en assurer à titre d'exemple, le problème de l'équilibre d'une plaque élastique rectangulaire mince, qui a été jadis l'objet des recherches de W. Ritz ([3]), de M. Paschoud ([4]) et de bien d'autres géomètres. Le petit déplacement transversal w d'un point $(x, y, 0)$ du feuillet moyen, quand la plaque supposée mince se trouve encastrée, est régi par le système

$$(1)\quad \begin{cases} \Delta\Delta w - f(x,y) = \dfrac{d^4 w}{dx^4} + 2\dfrac{d^4 w}{dx^2 dy^2} + \dfrac{d^4 w}{dy^4} - f(x,y) = 0, \\ w = 0; \qquad \dfrac{dw}{dn} = 0 \qquad \text{(sur le bord de la plaque)}, \end{cases}$$

où, par $f(x, y)$, on désigne la pression exercée sur la plaque. Cherchons à rendre stationnaire (conformément à l'idée de l'algorithme variationnel) l'intégrale

$$I = \int_p \left[\frac{1}{2} (\Delta w)^2 - w f(x,y) \right] dx\, dy$$

([1]) *Revue générale de l'Électricité*, **21**, 19 mars 1927, p. 443.

([2]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1316; **181**, 1925, p. 86; **182**, 1926, p. 676.

([3]) *Œuvres complètes* de W. Ritz, Gauthier-Villars.

([4]) Paschoud, *Sur l'application de la méthode de W. Ritz à l'étude de l'équilibre élastique d'une plaque carrée mince*, Gauthier-Villars, 1914.

au moyen de sommes finies de la forme

$$w_m = \Sigma\Sigma\, a_{pq}^{(m)}\, u_p(x)\, v_q(y),$$

où $u_p(x)$, $v_q(y)$ sont les solutions (cas d'une plaque carrée) des équations de Lord Rayleigh :

$$\frac{d^4 z(x)}{dx^4} = \mathrm{K}^4 z(x); \qquad z(0) = z(1) = \frac{dz}{dx_{x=0}} = \frac{dz}{dx_{x=1}}.$$

Vu les conditions aux frontières, on obtient, par la formule de Green, les conditions de minimum sous la forme

$$\int_p [\Delta\Delta w_m - f(x, y)]\, \psi_n\, dx\, dy = 0 \qquad (n \leq m;\ \psi_n = u_p(x)\, v_q(y)),$$

d'où, par l'artifice maintes fois utilisé par moi, on tire

$$(2) \qquad \int_p [\Delta\Delta(w_m - w)](w_m - w)\, dx\, dy = \int_p [\Delta\Delta(w_m - w)](\mathrm{W}_m - w)\, dx\, dy.$$

où w est l'intégrale du système (1), pour lequel l'existence de l'intégrale est supposée démontrée par les méthodes habituelles de la physique mathématique; w_m est la somme d'ordre m, donnant une approximation de w d'après la théorie du développement d'une fonction de deux variables $w(x, y)$ possédant un nombre des dérivées en correspondance avec les hypothèses restrictives imposées à $f(x, y)$.

Au moyen de la formule de Green, on tire de (2)

$$(3) \qquad \int_p [\Delta(w_m - m)]^2\, dx\, dy = \int_\mathrm{P} \Delta(w_m - w)\Delta(\mathrm{W}_m - w)\, dx\, dy;$$

or en tout point intérieur à P, on a

$$(4) \qquad w_m - w = -\frac{1}{2\pi}\int_\mathrm{P} \log r\, \Delta(w_m - w)\, dx\, dy;$$

donc de (3), au moyen de (4) et de l'inégalité de Bouniakowsky-Schwarz, on déduit en tout point intérieur à P

$$w_m - w = -\frac{1}{2\pi}\sqrt{\int_\mathrm{P} (\log r)^2\, dx\, dy}\sqrt{\int_\mathrm{P} [\Delta(\mathrm{W}_m - w)]^2\, dx\, dy},$$

et ceci donne le moyen d'apprécier l'ordre de l'erreur commise à la $m^{\text{ième}}$ approximation, si l'on sait apprécier l'ordre de $\Delta(w_m - m)$. Il suffit donc

d'imposer à $f(x, y)$ les conditions restrictives concernant l'existence des dérivées pour en conclure à l'existence des dérivées d'ordre supérieur de $w(x, y)$; dès lors en appliquant le raisonnement bien connu on s'assure que le développement de $w(x, y)$ en série de $\psi_m(x, y)$ peut être dérivé terme à terme et l'ordre du reste $\Delta(w_m - m)$ peut être évalué.

Ce mode de raisonnement peut être généralisé dans diverses directions, comme nous le montrerons dans un article plus étendu, car l'appréciation de l'ordre du reste $w_m - w$ peut donner lieu, semble-t-il, à certains calculs numériques non dépourvus d'intérêt.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La statistique des quanta de lumière (photons).* Note de **M. Léon Brillouin**, présentée par M. Brillouin.

1. Je veux indiquer une méthode statistique très générale, qui permet de retrouver comme cas particuliers les formules classiques, ou celles des statistiques récentes de Pauli-Dirac ou Bose-Einstein. Je me donne N projectiles (photons $h\nu$) à répartir dans un volume V. L'état de chaque projectile est défini par ses coordonnées (x, y, z) et sa quantité de mouvement p (de composantes p_x, p_y, p_z). Cet état se représente par un point dans l'extension en phase (x, y, z, p_x, p_y, p_z). Si l'on fixe la valeur de la quantité de mouvement (comprise entre p_i et $p_i + dp_i$), on obtient, dans l'extension en phase, un volume $V 4\pi p_i^2 dp_i$; suivant les hypothèses quantiques, il ne faut pas considérer ce volume comme continu, mais comme divisé en g_i cases, d'étendue $\frac{1}{2}h^3$ (pour des molécules gazeuses, l'étendue des cases serait h^3);

$$(1) \qquad g_i = V\frac{8\pi p_i^2}{h^3}dp_i = V\frac{8\pi\nu_i^2}{c^3}d\nu_i = V\frac{8\pi E_i^2}{h^3c^3}dE_i.$$

Un photon possède en effet une énergie $E_i = h\nu_i$ et une quantité de mouvement $p_i = \frac{h\nu_i}{c}$.

2. Il s'agit de chercher la probabilité d'une répartition, dans laquelle le nombre des quanta attribués au niveau E_1 est n_1; pour E_2 ce sera n_2, ... et pour E_i, n_i. Les hypothèses faites sont les suivantes : je puis distinguer chacun des quanta *a priori*, indépendamment de la case dans laquelle il est placé; chaque case a une capacité 1, et chaque quantum occupe un volume a, de sorte qu'une case occupée par un quantum a encore une place libre $1 - a$; et s'il y a p quanta dans une case, la place libre (ou probabilité de placer un quantum supplémentaire) est $1 - pa$.

Je commence par répartir mes N objets en groupes de $n_1, n_2, \ldots, n_i, \ldots$ objets, ce qui peut se faire de $\frac{N!}{n_1!\,n_2!\ldots n_i!\ldots}$ manières différentes. Je prends ensuite les n_i objets à répartir entre les g_i cases du niveau E_i; pour le premier objet j'ai g_i possibilités; pour le second, il en reste $g_i - a$, ... pour le $(p+1)^{\text{ième}}$ je dispose de $(g_i - pa)$ places. Au total, le nombre des distributions est

$$\omega_i = g_i(g_i - a)\ldots[g_i - (n_i - 1)a] = a^{n_i}\frac{\Gamma\left(\frac{g_i}{a}+1\right)}{\Gamma\left(\frac{g_i}{a}-n_i+1\right)}. \tag{2}$$

Pour obtenir la probabilité de la répartition $n_1, n_2, \ldots, n_i$, il faut prendre le total du nombre des coups favorables, et le diviser par le nombre total des coups possibles; ce nombre total est évidemment

$$G(G-a)\ldots[G-(N-1)a] = a^N\frac{\Gamma\left(\frac{G}{a}+1\right)}{\Gamma\left(\frac{G}{a}-N+1\right)} \qquad (G = \Sigma g_i), \tag{3}$$

en appelant G le nombre total des cases de tous les niveaux.

J'obtiens donc finalement la probabilité

$$W = \frac{N!\,\Gamma\left(\frac{G}{a}-N+1\right)}{a\;\Gamma\left(\frac{G}{a}+1\right)}\prod_i \frac{a^{n_i}}{n_i!}\,\frac{\Gamma\left(\frac{g_i}{a}+1\right)}{\Gamma\left(\frac{g_i}{a}-n_i+1\right)}. \tag{4}$$

Les nombres n_i et g_i étant très grands, je puis appliquer la formule de Stirling, ce qui me donne

$$\log W = \frac{1}{a}\left[\sum_i g_i \log g_i - G\log G\right] + N\log N + \left(\frac{G}{a} - N\right)\log(G - aN) + \sum_i\left[-n_i\log n_i + \left(n_i - \frac{g_i}{a}\right)\log(g_i - an_i)\right]. \tag{5}$$

Quelles hypothèses puis-je faire sur le nombre a?

Pour $a = 0$ j'obtiens l'indépendance des projectiles, ce qui ramène à la formule classique; si je pose $a = 1$, chaque projectile remplit entièrement une case, et je retrouve les résultats de Pauli-Dirac; aucune de ces deux hypothèses ne convient pour le rayonnement. Si je veux retrouver la formule de Bose-Einstein (d'où l'on déduit la loi de Planck), je dois admettre $a = -1$.

La probabilité de placer un photon $h\nu$ dans une case qui en contient déjà p, est alors proportionnelle à $1+p$. Cette hypothèse, assez déconcertante au premier abord, est entièrement d'accord avec les lois d'émission de quanta posées par Einstein (¹), et redonne numériquement la règle des émissions spontanées et provoquées; on retrouve aussi très simplement toutes les extensions de cette loi, obtenues par d'autres chercheurs, et l'on calcule correctement les fluctuations du rayonnement noir. Cet ensemble de résultats me semble justifier la méthode statistique exposée dans cette Note, méthode qui place parmi les hypothèses fondamentales la loi d'accouplement (ou d'association) des quanta de lumière.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur les contacts rectifiants.* Note (²) de M. **H. Pélabon**, présentée par M. G. Ferrié.

Pour étudier, au moins qualitativement, l'influence de la distance des deux conducteurs d'un détecteur, ou de la pression qu'ils peuvent exercer l'un sur l'autre, nous avons fait construire un appareil dans lequel ces deux variables dépendent de la dilatation d'une tige de verre chauffée sur une portion de sa longueur par un four électrique. La baguette qui est creuse et contient un couple fer-constantan, est fixée solidement à l'une de ses extrémités, elle porte à l'autre l'un des conducteurs du détecteur. En utilisant uniquement la période de refroidissement du four, on arrive à réaliser des déplacements de l'ordre de 10^{-6} et même 10^{-7} cm par seconde. L'appareil peut tout aussi bien être utilisé pour faire varier insensiblement la pression de l'un des conducteurs sur l'autre.

Nous indiquerons d'abord les résultats de l'étude du système acier-galène.

La pointe est une aiguille d'acier, la galène sous forme de volumineux cristaux présentant à la fois les faces (100) et les faces (111) est serrée fortement par quatre vis en laiton qui s'enfoncent assez profondément dans le cristal et assurent un contact suffisant.

Après avoir porté le four à une température connue, on fixe la galène de manière que l'une de ses faces touche normalement l'aiguille puis on coupe le courant de chauffe du four en même temps qu'on déclanche l'aiguille d'un chronomètre. La pointe entraînée par la tige de verre qui se contracte

(¹) A. Einstein, *Phys. Zeits*, 28, 1917, p. 121.
(²) Séance du 21 février 1927.

s'éloigne d'un mouvement qu'il est possible de reproduire identique à lui-même en partant de la même température initiale et du même point du cristal.

On peut alors comparer les résultats obtenus :

1° En faisant passer dans le système des courants continus;

2° En l'utilisant comme détecteur;

3° En le faisant traverser par des courants alternatifs.

1° Le contact étant établi, on note l'intensité du courant continu à l'instant de la rupture du circuit de chauffe, instant pris pour origine des temps. Au début l'intensité du courant (de l'ordre de 10^{-5} ampère) conserve une valeur sensiblement constante, elle diminue ensuite un peu et régulièrement jusqu'à l'instant t où brusquement elle prend une valeur 100 fois plus faible environ. Elle conserve cette nouvelle valeur plus ou moins longtemps et finalement après t' minutes l'intensité tombe brusquement à zéro. L'extrémité de la pointe parcourt donc deux régions bien différentes qui correspondent à des résistances qui varient dans le rapport $\frac{1}{100}$ et qui sont nettement délimitées par les temps $0, t$; t et t'. La largeur de la seconde région qui peut s'évaluer par celle de $t' - t$, bien que le mouvement d'éloignement ne soit pas uniforme, varie d'un échantillon de galène à un autre. Elle est grande (9 minutes par exemple) pour les galènes sensibles et beaucoup plus faible (1 minute et demie) pour les galènes argentifères d'Espagne considérées comme non sensibles. Si l'on construit dans tous les cas la courbe $i = f(t)$, on a une ligne continue pour la première région, une descente presque verticale à l'instant t et enfin une ligne presque parallèle à l'axe des t, assez sinueuse, mais dont les ordonnées correspondent à 10^{-7} ampère.

2° Reprenons la galène sensible et utilisons-la comme détecteur pendant que la pointe exécute un mouvement identique à celui que nous avons considéré au 1°. Dès le début du refroidissement on perçoit les émissions, les ondes amorties sont surtont nettement entendues. L'instant t de la variation brusque de résistance est parfaitement signalé par un bruissement particulier. La pointe pénètre alors dans la seconde zone où la détection des ondes entretenues est parfaite et dure exactement 9 minutes pour la galène sensible considérée plus haut, et 1 minute et demie pour l'échantillon argentifère.

Il y a donc, dans le cas de l'acier et de la galène, deux détections D*i* et D*e* qui correspondent aux deux régions (intérieure et extérieure) pour lesquelles la résistance de contact prend des valeurs si différentes.

3° Etablissons entre la galène et la pointe une différence de potentiel alternative de valeur efficace faible (de l'ordre du $\frac{1}{10}$ ou du $\frac{1}{100}$ de volt) et mesurons toujours dans les mêmes conditions l'intensité du courant redressé. Nous retrouvons aisément les deux régions signalées plus haut car non seulement les intensités du courant y sont différentes mais leurs variations ne sont pas comparables. La plus grande intensité correspond à la région qui offrait la plus grande résistance au courant continu.

En résumé nous avons pu construire deux courbes : $i = f(t)$ et, pour les courants alternatifs, $i = F(t)$, qui sont tout à fait caractéristiques du système considéré.

Tous les métaux se comportent comme l'acier quand on les associe à la galène. Les courbes que l'on construit avec eux, surtout en courant alternatif, ont des formes suffisamment différentes d'un conducteur à un autre pour qu'on puisse les considérer comme caractéristiques du métal étudié.

Il était intéressant d'étudier de la même façon les contacts purement métalliques qui comme nous l'avons montré sont rectifiants [1]. C'est du reste en vue de telles recherches que nous avons imaginé l'appareil décrit plus haut.

Pour ces contacts, la détection D*e* existe seule. Elle se produit tant que la distance minimum des deux conducteurs ne dépasse pas une certaine limite de l'ordre de 10^{-6} cm. L'intensité du courant rectifié est souvent très grande.

Toute réaction chimique capable de faire naître sur la surface de l'un des métaux un composé isolant ne change rien au phénomène, mais si le composé qui apparaît est semi-conducteur, les deux rectifications sont de nouveau observables.

La détection D*e* que l'on pourrait appeler extra-superficielle existe donc dans tous les cas.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'arc du gadolinium. Mesures faites à la pression normale, entre* λ 3100 I.A. *et* λ 2200 I.A. Note [2] de M. **S. Piña de Rubies**, présentée par M. G. Urbain.

L'oxyde de gadolinium, préparé par M. Urbain et étudié par nous, a fourni un spectre pur et très riche en raies parmi lesquelles 250 non connues encore, lignes que nous énumérons dans le tableau suivant :

---

(1) H. Pélabon, *Sur les contacts rectifiants* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 491).

(2) Séance du 28 février 1927.

Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.
3064,9	0	2899,0	1	2765,5.	0
63,6.	0 ?	97,0	0	59,3.	0 a
62,5.	0	94,3.	1	52,8.	0
62,0	0	92,1	1	51,5	0
54,4.	0	90,8.	0	51,0	0
50,8	0 ?	89,1.	0 a	47,5.	1
3016,3.	0 ?	88,2	0	40,7	0 tr. dif. ?
2988,9	1	87,4.	0	30,5.	0 a
88	1	77,0.	1	25,5	0 ?
87	1 a	75,4	0	15,5.	1
85,5	1 ?	73,1	1	13,8	1
83,1	0	70,5	0	13,5	1 a
82,6	0	70,0	0	11,5.	1 +
81,1.	0	69,8.	0	09,5	1
78,5.	1	68,0.	0	08,1.	1
75,1	0 ?	64,1	0	07,8.	0
73,6	1	63,7	0	05,3.	2
72,2	1	60,6	0	01,7.	0 ? a
70,9	0	57,8	0 ?	2700,4.	0
69,3	1	55,4	0	2698,4	0
62,3	0	47,7	1 a	97,7.	0
59,2	1	45,9	0 a	92,8	1 +
52,4.	1	44,5	1	88,2.	1 +
50,0	0	35,0.	0 ?	86,7	0 +
45,6.	2	27,9.	1	86,4.	0 +
44,5	1	24,3.	1	84,4	0 +
44,0.	0 ?	20,6	0 ?	82,7	0 +
41,7	1	16,9.	2	73,4.	2 Eu
33,8	1	12,3.	0	71,2	0
32,9.	1	06,8.	0	70,9	0
31,4	0 ?	06,3	1	69	1
28,7	0	2803,4.	0	67,2.	1
27,3.	1	2799,8.	0	66,1	0
19,3.	0 ? a	93,2	0	61,5	2
16,2	1	90,6	1 a	55,0.	1
14,8	1	87,6.	1 +	50,4.	1
08,8.	1	86,8.	1	48,2.	1
07,5	1	84,7.	0 +	46,6	0 +
06,0	0	82,1.	1	46,4	0 +
04,6.	1	79,1	1	45,8.	0 +
03,8	1	78,7	1	43,6	0
2900,5	0 ?	75,1	1	43,2	0
2899,1	1 ?	70,9	1	42,9	0 +

Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.	Longueur d'onde.	Intensité.
2639,6	0 a	2537,8	1	2426,9.	1
38,5	2	36,6.	1 a	26	dif.
36,3.	1	31,7.	1 ?	25,1	0 ? a
33,4	1	26,8	1	24,7	2
33,2	1	20,5	0	21,9	0 ?
26,5	1	13,0	0 a	20,3.	2 +
25,1	0	09,6	0 a	18,4	1
23,7.	1	08,1	0 ?	17,7.	1
22,8	1	04,8	1 +	16,6	1
15,6.	1 ?	03,6	0	13,8	1 +
14,3.	1	2501,4.	1	10,2	2 ? a
08,7	1 +	2499,0	3	07,7.	1
07,9	1	96,4	2	07,3	1
03,9.	1 + a	93,3	2	2403,3	1
01,0.	0	87,5	2	2393,3.	1
2600,5.	0 +	86,4	0	90,2	0
2591,1.	1	85,6.	2	80,3	0
90,2	1	82,3	0	64,0.	0
86,1.	2	81,6	0	63,3	0
81,8.	0	77,2.	1	54,0	2
81,0	0	74,2	2	53,6	0
79,0	0	71,6.	3	46,1	0
77,1.	1	52,7	0	45,5	0
74,0	1	50,7	0	38,6	0
71,8	1	50,0	1	37,8	1
67,2	0	48,8	1	36,0	0
65,8.	1	47,8	1	33,0	1
65,2	0	45,4.	1	29,9.	0
64,1	1 Eu	45,3	1 + Eu	26,5	0
61,4.	1	43,5	1	25,7.	0 ?
59,0	1 ?	41,6.	1	2321,0.	2
56,3	0 a	39,0	1	2295	0 ?
52,1.	0	37,8.	1	93	2
51,2.	1 +	34,7	2	86	2
50,2	2	33,4.	0	79	2
47,5.	1	31,6.	1	71	1 ?
46,5	1	31,3	1	61,2	3
43,7	2	28,9	1 +	17	2
38,4	1 ?	28,2	0 a		

a, bords pas nets; dif., diffuse; ?, raies coïncidant avec d'autres terres rares. Le point qui suit quelques chiffres indique que la deuxième décimale supprimée est supérieure à 5.

Un très grand nombre de lignes mentionnées sont connues dans le spectre d'étincelle.

Nous voulons rappeler l'observation faite déjà à propos du lanthane, sur les difficultés que l'on éprouve dans l'attribution des raies pour cette région, mal connue, du spectre ultraviolet; il est possible que malgré nous, quelque erreur se soit glissée pour un nombre restreint de lignes.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les pouvoirs ionisants du* RaB *et du* RaC. Note de M. **H. Jedrzejowski**, présentée par M. Jean Perrin.

Quand on mesure des sources portant le dépôt actif du radium, par la comparaison de leurs rayonnements γ, avec celui d'une ampoule emplie de radon, les nombres obtenus dépendent de l'utilisation respective des rayons γ de RaB et RaC, parce que le rapport des quantités de RaB et RaC, constant, quand ces corps sont en équilibre avec le radon, varie, au contraire, avec le temps pour le dépôt actif séparé du radon.

La question étant peu étudiée [1] nous avons tenté une série d'expériences pour déterminer les pouvoirs ionisants du RaB et du RaC.

La méthode d'expérimentation et de calcul était la suivante :

Désignons par I_t l'activité du dépôt actif au temps t compté à partir de la fin d'activation dans le radon. On a

$$I_t = K_2 b B_t + K_3 c C_t \quad \text{ou} \quad I_t = K_3 c C_t \left(1 + \frac{K_2}{K_3} \frac{b B_t}{c C_t}\right),$$

où K_2, K_3, b, c, B_t et C_t désignent respectivement les pouvoirs ionisants, les constantes de désintégration et les nombres d'atomes présents du RaB et du RaC. Soient $\frac{b B_t}{c C_t} = x_t$ et $\frac{K_2}{K_3} = y$. On aura

$$\frac{I_t}{K_3 c C_t} = 1 + y x_t.$$

On voit que $\frac{I_t}{K_3 c C_t}$ est une fonction linéaire de x_t. I_t est donné par l'expérience, x_t et les quantités proportionnelles à C_t sont calculées d'après la théorie de transformations radioactives. K_3 n'étant pas connu, on peut le

(1) H.-W. Schmidt, *Ann. d. Phys.*, 21, 1906, p. 609. Moseley et Makower, *Phil. Mag.*, 23, 1912, p. 302.

remplacer par un nombre arbitraire K et écrire :

$$\frac{I_t}{KcC_t} = A + Bx_t \qquad \text{avec} \qquad y = \frac{B}{A}.$$

Ensuite, si nous choisissons K de telle sorte que $\frac{I_0}{KcC_0} = 100$ et si nous portons x_t sur l'axe des abscisses et $\frac{KcC_t}{I_t}$ sur l'axe des ordonnées, l'ordonnée à l'origine de la droite tracée donne immédiatement l'ionisation due au RaC en pour 100 de l'ionisation totale; la différence avec 100 donne l'ionisation due au RaB.

La méthode décrite exige que le dépôt actif soit rigoureusement en équilibre avec le radon au moment $t = 0$. De tous les procédés d'activation, seule l'activation libre, en vase clos, peut donner des résultats satisfaisants. Mais, la source ne pouvant être ni chauffée, ni lavée, l'émanation adsorbée par la surface activée peut devenir une source d'erreurs appréciables. La difficulté a été tournée de la façon suivante :

Les activations étaient faites dans l'appareil décrit par nous précédemment [1]. Après une durée d'activation, d'au moins 5 heures, on sépare à la flamme la boule activée et l'on suit la courbe de désactivation pendant 2 heures en laissant la boule toujours fermée. Ensuite, on abandonne la boule jusqu'à la journée suivante, où l'on fait la mesure, dans les mêmes conditions, de la correction due à la présence d'une certaine quantité de radon dans la boule. On utilise cette correction pour le calcul exact de I_t, en tenant compte de la décroissance de l'émanation.

Pour s'assurer que les choses se passent conformément aux prévisions, nous avons fait des expériences de vérification avec une chambre d'ionisation protégée, du côté dirigé vers la source, par un écran de 25^{mm} de Pb et des autres côtés, par une couche de 10^{mm} de Pb. L'action des rayons du RaB étant par là exclue, la courbe corrigée doit se confondre avec la courbe théorique calculée en supposant que RaC agit seul. La concordance a été trouvée parfaite dans tous les cas.

La question n'ayant jamais été étudiée, à notre connaissance, pour de grandes épaisseurs d'aluminium, nous avons utilisé, comme écrans, des plaques d'aluminium d'épaisseurs diverses entre 8 et 65^{mm}. La chambre d'ionisation était cylindrique; le diamètre de la face dirigée vers la source était de 30^{cm}. Cette face était formée par une feuille d'aluminium mince

---

(1) H. Jedrzejowski, *C. R.*, 182, 1926, p. 1536.

(0,5mm.); les autres parois étaient en laiton. La protection au sol était formée par une feuille d'Al (0,5mm.) du côté dirigé vers la source et d'une couche de 10mm. de Pb de tous les autres côtés. La distance entre la source et la chambre était 82cm. La source était protégée par une couche de plomb de 11cm. d'épaisseur; les écrans étaient placés à 20cm. de la source en contact immédiat avec la couche protectrice. L'appareillage de mesure était composé de l'électromètre Curie-Debierne et d'un quartz piézoélectrique.

Les mesures effectuées ont permis de tracer, en fonction des épaisseurs des écrans, une courbe d'ionisation due au RaC seul et exprimée en pourcentage de l'ionisation totale.

Voici les résultats lus d'après la courbe.

mm Al......	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
mm p. 100...	81,5	84,5	86,5	88	89,5	91	91,5	92,5	94	95	96

Ces résultats doivent être considérés comme préliminaires. Nous espérons prochainement donner des résultats plus complets et étudier les variations des pouvoirs ionisants avec les conditions d'expérience.

Il faut remarquer que l'incertitude des résultats augmente vite avec l'épaisseur des écrans, donc les nombres inscrits dans les dernières colonnes peuvent servir seulement d'indications générales. Pour les épaisseurs plus grandes que 60mm d'Al il était impossible de déceler l'action des rayons γ du RaB.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination, par voie ébullioscopique, de l'affinité relative à la formation des complexes entre les halogénures de cadmium et les halogénures alcalins.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente (1) nous avons fixé, par voie ébullioscopique, la composition des complexes formés en solution aqueuse par les iodures de cadmium et de potassium, puis par le chlorure de cadmium, avec les chlorures de potassium, d'ammonium et de sodium.

Nous nous sommes proposé d'appliquer la méthode ébullioscopique à la détermination de l'affinité relative à ces réactions, en utilisant, ainsi que

(1) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1708.

nous l'avons déjà fait [1], pour les complexes engendrés par le cyanure mercurique, le procédé indiqué par MM. G. Urbain, P. Job et Chauvenet [2], qui a conduit, par voie spectroscopique, M. P. Job [3], à de très intéressants résultats.

Si l'on mélange un volume $1 - x$ de A, à la concentration Γ, à un volume x de B à la concentration $p\Gamma$, la constante k de l'équilibre

$$(1) \qquad m\mathrm{A} + n\mathrm{B} \rightleftharpoons \mathrm{A}^m\mathrm{B}^n$$

est donnée par

$$(2) \qquad k = \frac{\Gamma^{m+n-1} p^{n-1} [(mp+n)x - n]^{m+n}}{m^{n-1} n^{m-1} (p-1)^{m+n-1} [n - (m+n)x]} = \frac{C_A^m C_B^n}{C_{\text{complexe}}},$$

x correspondant à la composition maxima du complexe.

Nous avons montré (*loc. cit.*) que le complexe formé à 100°, entre l'iodure de cadmium et l'iodure de potassium, est $[\mathrm{CdI^4}]\mathrm{K^2}$.

Nous avons observé, en évaluant les élévations des sels simples par la règle des mélanges, ou en les rapportant au poids d'eau :

Conc. I_2Cd.	Conc. I*k*.	x max.	k.
0,4	1,6	0,667	$5{,}69 \times 10^{-3}$
0,6	2,4	0,773	$6{,}37 \times 10^{-3}$
0,75	3,0	0,620	$6{,}38 \times 10^{-3}$
0,4	1,2	0,570	$5{,}70 \times 10^{-3}$

soit, en moyenne pour k, environ 6×10^{-3}, qui correspond à une affinité très grande; on s'en rend compte en remarquant que le mélange d'iodure de potassium et d'iodure de cadmium, aux concentrations respectives $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{3}$, donne 78 pour 100 de sels simples combinés à l'état de complexe $[\mathrm{CdI^4}]\mathrm{K^2}$.

L'étude des mélanges de solutions équimoléculaires de chlorure de cadmium et de chlorures alcalins nous a conduits (*loc. cit.*) à une proportion de 60 pour 100 de chlorure alcalin ClM dans le complexe, que l'on serait tenté d'écrire $2\mathrm{Cl^2Cd}, 3\mathrm{ClM} = [\mathrm{Cd^2Cl^5}]\mathrm{M^3}$.

Mais, par une discussion des phénomènes observés, nous avons pensé que la solution contenait le mélange des deux complexes $[\mathrm{CdCl^3}]\mathrm{M}$ et

---

(1) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 390.

(2) G. Urbain, P. Job et Chauvenet, *Soc. Chim. phys.*, (*Procès-verbal de la séance du* 11 juin 1913).

(3) P. Job, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 928, 1108 et 1932; **182**, 1926, p. 631 et 1621; **184**, 1927, p. 204.

$[CdCl^4]M^2$, point de vue justifié par la détermination de la constante d'équilibre. On a en effet avec ClK :

Conc. Cl^2Cd.	Conc. ClK.	x max.	k_0.	k_1.	k_2.
0,750	3,000	0,50	∞	0,50	1,017
0,500	3,000	0,525	1,081	0,609	0,573
0,375	3,000	0,540	4,65	0,651	0,390
0,300	3,000	0,557	4,38	0,604	0,252
0,250	3,000	0,563	3,95	0,628	0,207

en désignant par k_0, k_1 et k_2 les constantes d'équilibre respectives, relatives aux complexes $[CdCl^3]K$, $[CdCl^4]K^2$ et $[Cd^2Cl^5]K^3$.

Ces résultats sont seuls compatibles avec la formation du complexe $[CdCl^4]K^2$, en présence d'un excès de ClK, le complexe $[CdCl^3]K$ est à une concentration négligeable. La constante moyenne (4 derniers) k_1 est 0,635.

La première valeur $k_1 = 0,5$ est un peu faible, vraisemblablement parce qu'il subsiste un peu de $[CdCl^3]K$ à côté de $[CdCl^4]K^2$.

Avec les mélanges de chlorure de cadmium et de chlorure de sodium, on a de même observé :

Conc. Cl^2Cd.	Conc. ClNa.	x max.	k_0.	k_1.	k_2.
0,500	3,000	0,485	< 0	1,26	1,66
0,300	3,000	0,525	11,9	0,98	0,516

résultats qui démontrent, là encore, l'existence du seul composé $[CdCl^4]Na^2$, en présence d'un excès de chlorure de sodium,

$$k_1 \text{ moyen} = 1,12.$$

Dans des mélanges de chlorure de cadmium et de chlorures alcalins aux concentrations respectives $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$, on voit que les proportions de sels simples engagées dans le complexe, sont seulement 27,5 pour 100 pour le chlorure de potassium, et 20 pour 100 dans le cas du chlorure de sodium, valeurs beaucoup plus faibles que pour les iodures.

Ainsi l'affinité va en décroissant en même temps que le poids atomique, aussi bien dans la famille des halogènes que dans celle des alcalins.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'adsorption des ions par le verre.* Note (¹) de MM. **H. Devaux** et **E. Aubel**, présentée par M. Brillouin.

Le but du présent travail a été de voir si une surface de verre condense les ions salins en solution dans l'eau. Déjà de nombreux résultats, en particulier ceux de l'école de Langmuir, ont été publiés. Mais certains points nous ont paru avoir besoin d'être éclairés ou précisés et c'est dans l'espoir d'y apporter une contribution positive que nous publions nos expériences.

Comme corps absorbant nous avons choisi une colonne de coton de verre de 18605^{cm^2} de surface, enfoncée et tassée dans un tube de 14^{mm} de diamètre sur 470^{mm} de longueur.

Résultats qualitatifs. — Sur la colonne lavée, on verse une solution renfermant $0^{mg},5$ de Ca (sous forme de sulfate), puis on chasse la liqueur avec de l'eau distillée. Le liquide recueilli ne donne aucun précipité par l'oxalate de K, ce qui indique que la totalité du Ca a été fixée.

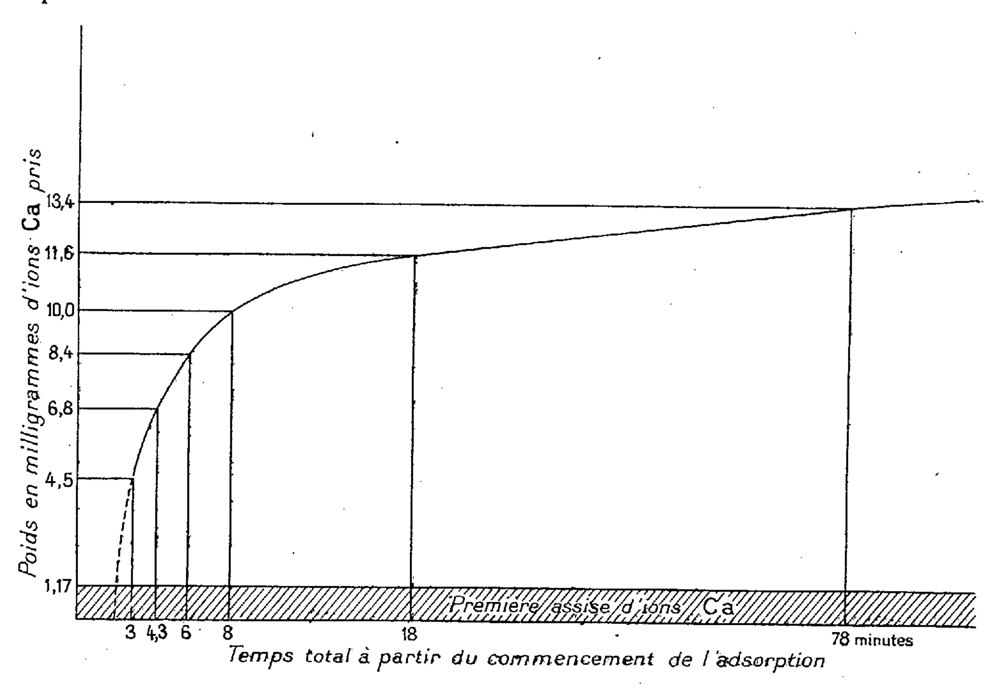
Si l'on recommence une seconde fois, l'adsorption est incomplète et du calcium sort en abondance. Mais un lavage, même prolongé, laisse du Ca fixé. En effet, si, après ce lavage, nous versons sur la colonne quelques centimètres cubes d'une solution de KCl ou de NaCl (ou de tout autre sel alcalin), puis de l'eau, la liqueur recueillie se montre riche en Ca. Cette expérience montre que, non seulement il y avait du Ca fixé, mais aussi que ce Ca est déplacé par les ions alcalins. Nous avons du reste reconnu que ce déplacement peut être effectué non seulement par K ou Na mais aussi par H, NH^4 et même quinine. Les ions déplaçants sont en même temps plus ou moins énergiquement fixés par le verre, mais d'autres ions, Ca en particulier les déplacent à leur tour. Il y a donc réversibilité.

Résultats quantitatifs. — *a. Essai de calcification méthodique.* — Sur la colonne décalcifiée par SO^4K^2 et lavée, on fait passer, dans 10^{cm^3} d'eau, un poids de Ca de $1^{mg},17$ (poids calculé pour représenter une assise simple à la surface de 18605^{cm^2} de verre), puis on verse de façon continue une solution calcique diluée. Cette solution chasse la première, et l'on reçoit le liquide dans des tubes à essais. La première partie, 23^{cm^3}, correspond à l'eau pure imprégnant la colonne au départ plus l'eau des 10 premiers centimètres cubes renfermant $1^{mg},17$ de Ca. Les autres tubes recueillent chacun 13^{cm^3} de liquide. Voici les résultats :

(¹) Séance du 31 janvier 1927.

Tubes.	Résultats.
1 (23^{cm^3})	absorption totale
2 (13^{cm^3})	absorption nulle
3 (13^{cm^3})	id.
4 (13^{cm^3})	id.
....	id.

L'ion calcium se fixe donc sur le verre en formant une assise simple. Nous nous sommes du reste assurés que *la totalité* de cette assise est déplacée par SO^4K^2 à 5 pour 100.



b. La fixation peut dépasser une couche monoionique. — Sur la colonne lavée, l'action prolongée de HCl, SO^4K^2, etc. produit une décalcification profonde allant jusqu'à 9 assises d'ions. Après un tel traitement la colonne devient particulièrement avide de Ca. Nous avons cherché la marche de la calcification en fonction du temps sur une telle colonne. Pour cela nous mettions un volume connu d'une solution de SO^4Ca en contact avec la surface absorbante. Au bout d'un temps donné, nous chassions par une nouvelle dose la solution absorbée et nous dosions le Ca restant. Les résultats sont traduits par la courbe ci-dessus :

Nous y avons représenté en hachures la première assise de Ca. L'aspect d'ensemble donne l'impression d'une courbe de dissolution. On voit que l'ion Ca pénètre dans la masse même du verre où il chemine de plus en plus lentement.

Conclusions — 1° Le verre est capable d'adsorber les cations (Ca, H, K,

Na, NH^4, quinine). Les cations fixés sont déplaçables par d'autres cations; il y a réversibilité.

2° Sur un verre non fortement décalcifié, par un acide ou par un sel alcalin, l'adsorption se réduit sensiblement à une assise simple d'ions Ca. Cette adsorption est instantanée.

3° Au contraire, sur un verre fortement décalcifié, il y a pénétration des ions dans le verre. Cette pénétration correspond à plusieurs assises d'ions Ca et est fonction du temps.

4° Le verre, adsorbant non seulement à sa surface mais aussi dans sa masse, se comporte donc comme un gel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs spécifiques d'une phase condensée suffisamment refroidie.* Note de M. **J. E. Verschaffelt**, présentée par M. Jean Perrin.

La Note de M. Perrakins, parue sous le même titre dans le *Compte rendu* du 4 janvier, contient deux propositions que je ne crois pas admissibles :

1° La règle de Trouton affirme que le quotient $\frac{L}{T}$ est le même pour tous les corps (normaux) à la température d'ébullition normale, mais non que ce quotient est indépendant de la température. Aussi la correction de Nernst à cette règle n'exprime pas comment ce rapport varie avec la température pour un corps donné, mais comment il change d'un corps à un autre avec le point d'ébullition normale de ce corps. Il n'y a donc pas lieu de différentier la relation

$$\frac{L}{T} = k \log T,$$

qui est inexistante et qui, au reste, si elle est exacte, conduirait, d'après les calculs même de l'auteur, à cette conséquence que la différence $\sigma_2 - \sigma_1$ des chaleurs spécifiques des phases à saturation est indépendante de la température, ce qui n'est certainement pas le cas.

2° L'auteur croit pouvoir identifier à basse température σ_2 avec $(c_p)_2$, la chaleur spécifique de la phase vapeur à pression constante. Mais du fait que dans le diagramme pv, la courbe de saturation de la vapeur se rapproche asymptotiquement de l'axe $p = 0$, il ne résulte pas du tout que la pression tend à rester constante; elle tend seulement vers zéro. D'ailleurs

on sait qu'à basse température

$$\frac{dL}{dT} = (c_p)_2 - (c_p)_1,$$

de sorte que, si l'on néglige $(c_p)_1$ et σ_1 qui tendent vers zéro, on a

$$\sigma_2 = (c_p)_2 - \frac{L}{T},$$

qui devient égal à $-\infty$ pour $T = 0$, puisque L ne s'annule pas.

On ne saurait donc rien conclure de là en faveur de la théorie de M. J. Perrin.

THERMOCHIMIE. — *Chaleurs de combustion de quelques huiles d'animaux marins.* Note de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai déterminé les chaleurs de combustion d'un certain nombre d'huiles d'animaux marins en vue de leur utilisation comme carburant dans les moteurs semi-Diesel.

Les essais pratiques actuellement en cours ayant donné des résultats excellents, il est permis, dès maintenant, de prévoir l'avenir qui peut être réservé à cette nouvelle utilisation de ces huiles, pour ce genre de moteur, dans les colonies privées de pétrole ou de ses dérivés et l'économie que leur usage entraînerait. La récente construction de moteurs semi-Diesel légers adaptés à la petite pêche et les résultats que les premiers essais font espérer pourront permettre au pêcheur de préparer lui-même son carburant. Les essais faits jusqu'à présent, avec un moteur fixe, sont très encourageants, mais il n'est pas encore permis de donner des résultats avant d'avoir terminé la série d'études en cours effectuées avec des huiles les plus différentes qu'il soit comme composition. Ces résultats seront donnés avec la suite des déterminations calorimétriques que je suis en train d'effectuer; les premières déterminations rapportées aujourd'hui montrent amplement tout l'intérêt que présente cette question.

Les chaleurs de combustion sont déterminées à volume constant et rapportées à 1^g de substance.

Huiles.	Chaleurs de combustion en cal : gr.	Points d'inflammabilité.	Points de combustibilité.
		°	°
Globicephalus melas, Traill	8700	210	230
Delphinus delphis, Lin	8998	254	302
Centrophorus granulosus, Mull. et Henl.	10790	234	260
Centrophorus squamosus, Bonat	10404	237	273
Centrophorus calceus, Lowe	10335	220	257
Cetorhinus maximus, Gunner	9857	207	262
Hexanchus griseus, Rafin	9491	310	347
Dorosoma nasus, Bloch, n° 1	9030	201	240
» » n° 2	8940	305	347
Hydrocarbure extrait des huiles de centrophore.			
Squalène	10772	195	245

Les pouvoirs calorifiques les plus élevés sont du même ordre de grandeur que les pouvoirs calorifiques des pétroles.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage iodométrique de l'ion antimonique.* Note de MM. **A. Travers** et **Jouot**, présentée par M. Matignon.

Le dosage iodométrique de l'ion antimonique a été proposé pour la première fois par Weller [1], il est basé sur la réaction *réversible*,

(1) $$Sb^2O^5 + 4HI \rightleftharpoons Sb^2O^3 + 2I^2 + 2H^2O,$$

l'acide iodhydrique étant produit par addition d'iodure de potassium à la liqueur acide de chlorure antimonique.

L'auteur trouve des résultats beaucoup trop faibles; Knorre [2] confirmant ces données, préconise le dosage de l'ion antimonieux par la réaction inverse de droite à gauche, plus facile à obtenir complète.

Nous avons repris le dosage de l'ion antimonique et précisé les conditions qui permettent de rendre la réaction totale de gauche à droite.

Pour détruire l'équilibre (1), on ne peut songer à employer un excès d'acide iodhydrique (en l'espèce de Ki). En effet, dans ces conditions, on forme avec l'iodure alcalin le composé double $SbCl^3$, 3KI, 1,5 H^2O non encore décrit, mais dont l'analogue $SbCl^3$, 3KBr, 1,5 H^2O a été signalé

(1) *Lieb. Ann.*, **213**, 1882, p. 364.
(2) *Zeit. für angew. Chem.*, **2**, 1888, p. 155.

par Atkinson [1]; ce sel se dissout dans l'acide chlorhydrique dilué en donnant une liqueur *jaune brillant*, qui rend impossible tout titrage de l'iode libéré dans la réaction, même en présence d'amidon soluble.

Nous avons isolé ce composé en ajoutant, à une solution chlorhydrique (5 à 7 pour 100 de HCl) de trichlorure d'antimoine, de l'iodure de potassium en proportion $1\,SbCl^3$ pour 3KI; on concentre dans le vide, il se sépare un corps rouge groseille, qu'on fait recristalliser plusieurs fois dans l'alcool. L'analyse lui assigne la formule

$$SbCl^3,\ 3KI,\ 1{,}5H^2O.$$

L'acide chlorhydrique *concentré* décompose le sel double et la solution devient incolore.

La dissolution dans l'acétone laisse précipiter le triodure d'antimoine, par suite de la réaction

$$SbCl^3 + 3KI = SbI^3 + 3KCl.$$

Pour rendre la réaction (1) complète de gauche à droite, on ne peut donc songer qu'à supprimer du champ de l'équilibre un des produits obtenus.

L'idée de former de l'émétique, par addition d'acide tartrique, se présente naturellement à l'esprit; la réaction peut effectivement être rendue totale, mais elle est *lente*.

On peut obtenir une réaction pratiquement instantanée en ajoutant à la solution d'iodure de potassium *un excès d'acide chlorhydrique concentré* : on engage, dans une sorte de complexe du type $SbCl^3\,x\,HCl$ [2], le chlorure antimonieux formé, et on le soustrait ainsi à la réaction inverse. L'acidité à employer est de l'ordre de 15 pour 100 en acide chlorhydrique, et l'on prend environ 5 fois la quantité d'iodure correspondante à la réaction. La méthode ainsi employée est rapide et permet de doser l'antimoine dans un alliage du type antifriction ou dans un alliage d'imprimerie en moins d'une demi-heure; les résultats sont tout à fait d'accord avec ceux de la méthode électrolytique (Lassieur). L'attaque de l'alliage d'imprimerie est faite par l'acide chlorhydrique *brômé* à 13 pour 100 de Br; le plomb pur lui-même est attaqué rapidement par ce réactif.

---

(1) *J. of Chem. Society*, 43, 1883, p. 289.

(2) Berthelot a signalé $SbCl^3$, 3HCl; Engel a décrit $2SbCl^3$, HCl, $2H^2O$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches dans la série du fluorène.* Note de MM. **Ch. Courtot** et **C. Vignati**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans un Mémoire paru au *Bulletin de la Société chimique*, janvier 1927, t. 41, p. 58, nous avons fait connaître une série de résultats concernant le 2-bromofluorène et le 2-bromo-7-nitrofluorène. L'établissement de la constitution de ce dernier corps fera l'objet de la présente Note.

Cependant, nous devons tout d'abord revenir sur l'obtention des 2-halogénofluorènes par la réaction diazoïque effectuée sur le 2-aminofluorène, suivie de la décomposition de Sandmeyer. En effet, à la suite de notre publication, parut un travail de MM. Korczynski, Karlowska et Kierzek Sur quelques dérivés du fluorène ([1]), dans lequel ces chimistes arrivent à considérer — pour expliquer les résultats négatifs de leurs recherches — le diazo du 2-aminofluorène comme tout particulièrement stable dans les réactions de Sandmeyer, alors que *nos expériences confèrent à ce diazo, convenablement préparé, des propriétés normales.*

Ces auteurs ont essayé d'obtenir les 2-halogénofluorènes au moyen de la réaction diazoïque, en partant de l'aminofluorène, « mais, écrivent-ils, la combinaison diazoïque provenant de cette amine s'est montrée excessivement stable. Nous n'avons pu préparer de celle-ci, non seulement les chloro et bromofluorène, mais non plus l'iodofluorène ».

Or nous avons obtenu régulièrement, par la réaction de Sandmeyer, les trois dérivés halogénés du fluorène.

Le 2-chlorofluorène a été préparé, dès 1925 ([2]), de la façon suivante :

$9^g,1$ de 2-aminofluorène, finement pulvérisé, sont empâtés avec 40^{cm^3} de HCl à 10 pour 100. On tiédit au bain-marie, puis on laisse refroidir à la température du laboratoire tout en malaxant énergiquement et l'on diazote avec 25^{cm^3} d'une solution de nitrite 2N. Le chlorure de diazonium formé cristallise en cristaux soyeux, vert émeraude, moirés sous l'action de la lumière. On verse le diazo dans 70^{cm^3} de HCl concentré et 14^g de chlorure cuivreux. On chauffe au bain-marie jusqu'à cessation de dégagement gazeux. La masse, brun foncé, se décolle facilement des parois du récipient lorsque la décomposition est finie. On essore, lave à l'ammoniaque, puis à l'eau et sèche à basse température. On reprend le précipité par l'éther. On extrait la solution éthérée d'abord par la soude à 5 pour 100 pour éliminer le 2-fluorénol éventuellement formé, puis par l'acide chlorhydrique à 10 pour 100 pour séparer le 2-amino-

([1]) *Bul. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 65.
([2]) R. Geoffroy, Thèse de Doctorat, Nancy, juin 1925.

fluorène non transformé. On lave à l'eau, sèche sur sulfate de soude et distille l'éther après filtration. On obtient 9g de produit fusible vers 86°. Le dérivé halogéné est purifié par cristallisation dans l'alcool chaud; on obtient un corps faiblement jaune, fusible à 95°. Par sublimation puis cristallisation dans l'alcool, nous l'avons obtenu blanc et fusible à 97°. Le rendement est alors voisin de 50 pour 100. Il est très soluble dans les solvants organiques usuels, l'alcool, le benzène, l'éther. Il se sublime facilement en dégageant une odeur aromatique agréable. Cl calculé 17,68. Trouvé 17,38. P. M. calculé 200,5. Trouvé par cryoscopie dans le benzène 193.

Le bromofluorène a été obtenu par cette même réaction ([1]) avec un rendement du même ordre, et enfin nous avons tenu à préparer aussi l'iodofluorène par cette méthode.

Nous avons démontré (*loco citato*) la position de l'atome de brome dans le bromofluorène préparé par bromuration directe du fluorène. L'halogène se place en 2 et, en poussant suffisamment la purification, on arrive, par cette bromuration directe, avec un rendement de 60 pour 100 de la théorie à un dérivé 2-halogéné ne renfermant plus que 5 pour 100 environ de dérivé dibromé.

Par nitration en milieu acétique, nous avons obtenu le 2-bromo-7-nitrofluorène ou 2-nitro-7-bromofluorène — les positions 2 et 7 étant équivalentes. Nous établissons la constitution de la manière suivante : nous oxydons le bromonitrofluorène f = 236° en bromonitrofluorénone f = 230°; par réduction au moyen de l'hydrogène sulfuré en milieu ammoniaco-alcoolique, nous arrivons à l'aminobromofluorénone f = 234° et en appliquant de nouveau la réaction de Sandmeyer au diazo correspondant, nous obtenons le dibromofluorénone f = 197-198°. Or ce dérivé possède ses atomes de brome en 2 et 7, comme cela a été établi par Schmidt et Bauer ([2]) qui se basèrent sur la démonstration de constitution de la dibromophénanthrènequinone faite par Schmidt et Junghaus ([3]).

En effet la dibromofluorénone f = 197-198° s'obtient en chauffant la dibromophénanthrènequinone f = 323° avec une solution de potasse. Or cette dibromophénanthrènequinone peut être obtenue par réduction de la dinitrophénanthrènequinone f = 301° et remplacement des groupes NH_2 par deux atomes de Br. Les atomes de brome sont sans doute à la place des groupes nitrés et la position de ces groupes nitrés dans la dinitrophénanthrènequinone a été établie par Schultz ([4]). Ce savant transforma la dinitrophénanthrènequinone f = 301° en acide dinitrodiphénuyldicarbonique et

([1]) *Bul. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 65.
([2]) *Ber.*, 38, 1905, p. 3753.
([3]) *Ber.*, 37, 1904, p. 3568.
([4]) *Lieb. Ann.*, 196, 1879, p. 31.

celui-ci en dérivé diaminé correspondant. L'acide diaminodiphényldicarbonique traité par la chaux éteinte conduit à *la benzidine p-p'-diaminodiphényle* (¹) de sorte que dans la dinitrophénanthrènequinone et par suite dans la dibromophénanthrènequinone et la dibromofluorénone f = 197-198°, les atomes de brome sont, dans chaque noyau benzénique, en para par rapport à la liaison diphénylique. Donc cette dibromofluorénone est 2.7 et notre bromonitrofluorène est également 2.7.

Du reste on arrive encore au 2.7-bromonitrofluorène f = 236° par bromuration du 2-nitrofluorène *en milieu chloroformique* à 0-3°; on isole, à côté une forte proportion d'un produit f = 142° qui doit être le 2-nitro-9-bromofluorène décrit par les savants polonais. Cette expérience apporte une nouvelle et simple démonstration de la constitution 2.7 de notre bromonitrofluorène, puisqu'on arrive au même produit soit par nitration du bromofluorène, soit par bromuration du 2-nitrofluorène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la sulfonation de l'anthraquinone en présence du mercure.* Note (²) de M. **André Meyer**, présentée par M. Charles Moureu.

Contrairement à l'opinion de Martinet et Roux (³), j'ai montré que le mercure est nécessaire pour réaliser la transposition de l'acide α-anthraquinone sulfonique en acide β (⁴). J'ai expliqué cette migration, effectuée en milieu sulfurique, par une hydrolyse préalable de l'acide α et par une sulfonation ultérieure de l'anthraquinone qui en résulte, l'acide β étant le produit stable dans les conditions de l'expérience

$$\underset{\text{CO}}{\overset{\text{CO}\ \ SO^3H}{[\alpha]}} + H^2O \rightarrow \underset{\text{CO}}{\overset{\text{CO}}{[\ ]}} + SO^4H^2 \rightarrow \underset{\text{CO}}{\overset{\text{CO}}{[\beta]}}SO^3H + H^2O.$$

L'expérience suivante démontre la réalité de cette hypothèse.

En chauffant le sel de K de l'α-sulfoanthraquinone à 190° avec dix fois son poids d'acide sulfurique à 80 pour 100, en présence de 5 pour 100 de SO^4Hg, pendant 1 heure et demie, on observe en effet, déjà au bout de

---

(¹) *Lieb. Ann.*, **174**, 1874, p. 227.

(²) Séance du 21 février 1927.

(³) Martinet et Roux, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 385.

(⁴) André Meyer, *ibid.*, **183**, 1926, p. 519.

quelques instants, une sublimation d'anthraquinone. Après refroidissement, la liqueur sulfurique, diluée dans cinq fois son poids d'eau, laisse déposer à nouveau de l'anthraquinone. La quantité totale recueillie représente environ $\frac{1}{3}$ de la quantité théorique.

Les eaux mères, traitées par le chlore naissant (1), donnent un mélange de chloroanthraquinones, fusible vers 175°, d'où l'on sépare, par recristallisation dans la benzine, la β-chloranthraquinone, peu soluble (P.F. 205-207°), de l'α-chloranthraquinone (P. F. 162°), très soluble dans ce dissolvant (environ 35 pour 100 de β et 65 pour 100 de α). Les acides sulfoniques α et β correspondants se trouvent donc mélangés dans le même rapport, après le traitement sulfurique. L'acide α a donc subi une hydrolyse partielle sous l'influence de SO^4H^2 dilué, en présence de Hg; l'anthraquinone en résultant, en milieu dilué, ne s'est sulfonée en β que partiellement. Par une expérience directe, on a en outre vérifié la stabilité de l'acide β vis-à-vis de SO^4H^2.

L'action hydrolysante de l'acide sulfurique dilué, en présence de mercure, sur les dérivés α sulfonés de l'anthraquinone est d'ailleurs connue (2).

Martinet et Roux ont enfin affirmé qu'en sulfonant l'anthraquinone à 160°, température de préparation de l'acide β, mais en présence de Hg, on obtient cet acide avec un rendement supérieur et plus rapidement qu'en l'absence de catalyseur. Suivant leurs indications, j'ai traité 50g d'anthraquinone par 50g d'oléum à 50 pour 100 de SO^3 à 160° pendant 1 heure et demie, avec addition de 0g,5, soit 1 pour 100 de SO^4Hg. Ce dernier sel était intimement broyé avec l'anthraquinone : en négligeant cette précaution, on observerait, en effet, la formation d'acide β due à ce que le catalyseur serait insuffisamment dissous dans l'acide (3). La proportion du Hg dans mes expériences correspond aux conditions usuelles de préparation de l'acide α (4).

Mes résultats ne confirment pas les assertions des auteurs.

La majeure partie du produit de sulfonation est constituée par de l'acide α-monosulfonique, à côté d'acides disulfoniques 1.5 et 1.8 et d'une petite quantité d'acide trisulfonique. Il n'a pas été possible de démontrer avec

---

(1) Ullmann et divers, *Ann.*, 381, 1911, p. 3; *Ber. ch. Ges.*, 44, 1911, p. 3129.

(2) Bayer, D. R. P. n° 160104 du 14-11-1903 (*Chem. Zentralb.*, I, 1905, p. 1447).

(3) Schmidt, *Ber. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 67. — Iljinsky, *ibid.*, 36, 1903, p. 4199.

(4) Martinet et Roux n'ont précisé ni la quantité, ni l'état du mercure utilisé, ni le rendement en acide β. Ils ont opéré sur 5g seulement d'anthraquinone : dans ces conditions, il est difficile d'identifier les produits obtenus.

certitude l'existence en quantité appréciable d'acide β-monosulfonique. Il n'y a donc pas lieu de modifier sur ce point les données classiques de la littérature.

L'identification des différents corps obtenus a été effectuée comme suit.

La masse de sulfonation, après dilution à froid, est séparée de l'anthraquinone inattaquée. Le filtrat est traité par KCl, ce qui donne un sulfonate (I). Après concentration de l'eau mère, une nouvelle précipitation par KCl fournit le sulfonate (II). Une troisième fraction (III) est séparée par addition de NaCl. Enfin, le liquide résiduel, traité par Cl naissant, ne donne pas de dérivé halogéné; par action de l'aniline, on ne précipite plus d'acide sulfonique, ce qui démontre que tous les dérivés sulfonés ont été précipités dans les trois fractions précédentes.

On traite une partie de chacun des sels (I), (II) et (III) : 1° par le chlore naissant (Ullmann, *loc. cit.*), ce qui fournit des anthraquinones halogénées; 2° par le chlorhydrate d'aniline (1), qui les transforme en sulfonates d'aniline insolubles.

Le dosage du Cl dans le produit halogéné (I) concorde avec le titrage alcalimétrique du sel d'aniline correspondant pour indiquer les proportions de 79 pour 100 d'acide monosulfonique et 21 pour 100 de disulfonés. Par cristallisations fractionnées (benzène, acétone, éther acétique, etc.), on isole l'α-chloroanthraquinone (F. 162°), et des parties les moins solubles, par recristallisation et sublimation fractionnée, on sépare la dichloro-anthraquinone 1.5 (P. F. 250°) et la dichloroanthraquinone 1.8 (P. F. 198-200°). On n'a pas rencontré de β-chloroanthraquinone.

Le produit (II) renferme 48 pour 100 de monosulfo et 52 pour 100 de disulfonés. Dans le produit halogéné correspondant, on retrouve les mêmes chloroanthraquinones, mais pas de dérivé β.

Enfin la fraction (III), chargée de sels minéraux, fournit un sel d'aniline d'acide trisulfonique. Son dérivé chloré (P. F. > 300°) correspond à cette conclusion.

En résumé, on retrouve 17 pour 100 d'anthraquinone inattaquée, 57 pour 100 à l'état d'acide monosulfonique, 20 pour 100 d'acides disulfoniques, 3 pour 100 de trisulfo.

---

(1) Perkin et Sewell, *J. Soc. Chem. Ind.*, 42, 1923, p. 27-31 T.

SISMOLOGIE. — *Sur la répartition des tremblements de terre en latitude.* Note de M. **Ch. Maurain**, présentée par M. Bigourdan.

1. La statistique qui suit porte sur des tremblements de terre qui ont été assez violents pour se faire sentir à de très grandes distances, et dont les emplacements ont été déduits des observations faites dans les stations sismologiques réparties sur l'ensemble du Globe. Dans ces conditions, qui sont celles des statistiques faites autrefois par Milne, un tremblement de terre est décelé et son emplacement est déterminé, en principe, quelle que soit la position géographique de cet emplacement.

Cette statistique comprend : 1° 542 tremblements de terre des années 1914 à 1920, dont les emplacements ont été relevés dans le *Bulletin of the British Association Seismology Committee* ou le *International Seismological Summary*, et qui ont été enregistrés à des distances d'au moins 15000^{km} ou 135° de grand cercle; 2° 1009 tremblements de terre des années 1903 à 1910 contenus dans les listes publiées par Milne et, dont Milne dit qu'ils ont été décelés sur toute la Terre ou du moins sur une étendue supérieure à celle de l'ensemble de l'Europe et de l'Asie.

Ces 1551 tremblements de terre se répartissent de la manière suivante dans les zones comprises entre les parallèles 0-10°, 10°-20°, etc.

0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-50°.	50°-60°.	60°-70°.	70°-80°.	80°-90.
450	329	244	258	152	87	21	9	1

En tenant compte des surfaces de ces différentes zones, on trouve que le nombre de ces tremblements de terre par dix-millions de kilomètres carrés est

50,8	38,3	30,4	35,4	24,1	17,1	5,6	3,9	1,3.

Ainsi la densité des tremblements de terre est, en gros, d'autant plus grande que la latitude est plus faible.

La répartition des observatoires séismologiques en latitude intervient sans doute un peu dans ce résultat. Cependant, dans l'hémisphère Nord, le plus grand nombre des observatoires se trouvent aux latitudes moyennes, et les tremblements de terre violents doivent être enregistrés aussi bien si leur origine est dans les régions polaires que si elle est dans les régions équatoriales; il y a d'ailleurs une trentaine d'observatoires à des latitudes supérieures à 50° et quelques-uns au-dessus de 60°. Dans l'hémisphère Sud, la plupart des observatoires sont situés entre 30° et 40°, et il y en a plusieurs

au-dessus de 40°; malgré ces conditions moins favorables, les tremblements de terre sensibles aux séismographes jusqu'à des distances d'au moins 15000^{km} doivent être généralement enregistrés même s'ils se produisent dans l'antarctique; dans ces conditions, un temblement de terre qui se produirait au pôle Sud serait décelé par tous les observatoires situés entre le pôle Sud et le parallèle 45° Nord.

Les 542 tremblements de terre formant la première partie de la statistique se partagent presque également entre les deux hémisphères (273 dans l'hémisphère Nord, 264 dans l'hémisphère Sud, 5 approximativement sur l'équateur). La répartition est assez différente dans la partie de la statistique empruntée à Milne, et, sur l'ensemble des 1551 séismes, 927 sont dans l'hémisphère Nord et 624 dans l'hémisphère Sud, en partageant par moitié ceux qui sont approximativement sur l'équateur.

La répartition des 542 tremblements de terre dans les zones de 10° est la suivante :

0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-50°.	50°-60°.	60°-70°.	70°-80°.	80°-90°.
164	142	84	77	56	15	2	2	0

soit, par dix millions de kilomètres carrés, des nombres de séismes

18,5	16,5	10,4	10,6	8,9	3	0,6	0,9	0

variation qui est analogue à celle constatée pour l'ensemble des 1551.

Il semble donc que la diminution de la densité des tremblements de terre à latitude croissante soit bien une réalité.

2. Il est naturel de rapporter l'interprétation de cette variation au mouvement de rotation de la Terre et, en fait, à la force centrifuge. On peut supposer que la répartition des masses dans les couches qui se trouvent sous la croûte rocheuse superficielle ne satisfait pas entièrement aux conditions d'équilibre correspondant au champ de forces résultant de l'attraction et de la force centrifuge; l'écart par rapport aux conditions d'équilibre serait le plus grand à l'équateur et diminuerait de l'équateur au pôle. Il en résulterait une tendance aux séismes décroissant de l'équateur au pôle.

Les travaux de Milne et de F. de Montessus de Ballore ont conduit à des conclusions bien connues sur la nature des régions à forte séismicité; ce sont celles où l'évolution géologique paraît la plus active. On pourrait donc encore interpréter le résultat de la statistique comme l'indice d'une répartition dépendant de la rotation de la Terre pour les régions à évolution géologique active. Cette interprétation est reliée d'ailleurs à la précédente.

L'une et l'autre attribuent un rôle aux écarts par rapport aux conditions d'équilibre gravifiques dans les mouvements soit lents, soit brusques, de couches terrestres peu éloignées de la surface.

MÉTÉOROLOGIE. — *Contribution à l'étude du mistral.* Note de MM. **D. Faucher** et **E Rougetot**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré que la vitesse du vent du Nord, subit dans la vallée du Rhône, entre Saint-Vallier et Montélimar, un accroissement dont la vallée elle-même est la cause, indépendamment de la situation barométrique générale.

Il est dès lors extrêmement intéressant de rechercher en quelle partie de la vallée du Rhône cette augmentation de vitesse se produit. Les observations que nous avons pu faire dans le courant de 1924 et 1925 nous ont convaincus que l'accroissement principal entre les deux points extrêmes considérés se produit dans la plaine de Valence. A titre d'exemple, nous donnons dans le tableau ci-dessous des mesures de vitesses faites à la même heure à Saint-Vallier (dans le défilé) à la ferme de la Trésorerie (entre Valence et Chabeuil, au centre de la plaine de Valence), à la station météorologique de Montélimar-Ancône enfin (à la sortie du défilé de Cruas).

Dates (1924).		Saint-Vallier.	La Trésorerie (Valence).	Augmentation.	Montélimar.	Augmentation par rapport à Valence.
Août 26 à	9h.....	4,4	7,6	3,2	8,3	0,7
» 28	15.....	3,1	8,2	5,1	10,0	1,8
Sept. 1	9.....	3,4	3,4	0,0	4,0	0,6
	15.....	3,7	6,4	2,7	7,1	0,7
» 2	15.....	6,2	10,3	4,1	11,1	0,8
» 8	15.....	5,9	8,1	2,2	10,0	1,9
» 4	9.....	2,5	3,3	0,8	3,9	0,6
» 11	9.....	3,7	7,5	3,8	8,3	0,8

Ainsi, nette augmentation entre Saint-Vallier et la plaine de Valence (La Trésorerie), différence de vitesse très peu marquée entre cette plaine et Montélimar-Ancône.

Les observations que nous avons pu faire en juillet et septembre de

([1]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 328.

l'année 1925 ont pleinement confirmé les résultats du tableau ci-dessus. Pour 10 observations faites en juillet à 9^h ou 15^h les différences entre la Trésorerie et Montélimar-Ancône ont été en moyenne de 0,9 et ont oscillé entre $-0^m,20$ et $+3^m,90$. Pour 8 observations faites en septembre, la moyenne des différences est de 0,76, avec oscillation entre les mêmes limites.

L'égalisation de la vitesse du courant aérien entre la plaine de Valence (La Trésorerie) et Montélimar-Ancône est donc tout aussi remarquable que son accroissement entre Saint-Vallier et Valence. L'action du défilé de Cruas sur l'augmentation de vitesse du vent du Nord paraît donc extrêmement faible. Des observations faites conjointement en août 1926, au centre de la plaine de la Valdaine et à Ancône ont confirmé le fait. Les vitesses enregistrées dans cette plaine s'égalisent à celles que notait aux mêmes heures la Station météorologique de Montélimar-Ancône, placée comme nous l'avons dit à la sortie du défilé.

CYTOLOGIE. — *La structure vitale du noyau et l'action des fixateurs.* Note de M. **P. Martens**, présentée par M. Guignard.

Poursuivant des recherches antérieures ([1]), nous avons étudié, *sur le vivant*, la structure du noyau végétal au repos, d'une part, sur de jeunes ovules d'*Orchis maculata* et de *Listera ovata*, d'autre part, sur des styles plumeux de diverses Graminées: *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra*, *Cynosurus cristatus*, *Lolium perenne*, *Holcus lanatus*, etc. La technique et les méthodes d'observation ont été spécialement étudiées afin d'écarter radicalement et sans contestation possible tout danger d'altération, de quelque origine qu'elle soit, de même que toute illusion d'optique.

Chez l'*Arrhenaterum elatius*, que nous prendrons comme exemple, le noyau vivant, au repos, d'un style adulte, paraît toujours simplement *granulaire* si on l'observe avec un grossissement moyen ou un éclairage de qualité médiocre; mais, en utilisant des moyens optiques plus puissants et des conditions d'observation optima, il apparaît clairement que les granules sont rattachés les uns aux autres par de très minces traits filamenteux, les granules ne paraissant être même que des points de renflement et d'épaississement des filaments, là où plusieurs se rejoignent. Au reste, les filaments se

([1]) *La Cellule*, **32**, II, 1922, p. 331-428; **36**, 1925, p. 125-214.

rattachent à *certains* granules, non à d'autres tout aussi rapprochés; leur parcours est donc indépendant de ce rapprochement. Ces traits passant d'un granule à l'autre réalisent ainsi des filaments orientés souvent parallèlement, qu'on peut suivre sur une certaine longueur, et dont le tracé est plus ou moins en zigzag. Dans son ensemble, le noyau vivant a donc un aspect *filamenteux-réticulé*, les filaments eux-mêmes comportant de nombreux empâtements plus ou moins granulaires.

Dans les cas favorables, on distingue en outre les *nucléoles*. Enfin, et contrairement à des observations récentes de Schaede, nous avons toujours pu mettre en évidence la *membrane nucléaire*.

De nombreuses observations de détail, qu'il serait trop long de rapporter ici, nous ont permis d'établir l'objectivité rigoureuse de ces filaments en zigzag. Elles ont démontré aussi qu'ils ne correspondent aucunement à la section optique de parois lamellaires de vacuoles ou d'alvéoles.

Partant de l'observation strictement vitale d'un noyau donné, nous soumettons celui-ci à l'action de divers fixateurs. La fixation est réalisée *sous l'objectif*, l'œil ne quittant pas un instant l'oculaire. Il est donc possible, en utilisant certaines précautions, de suivre, seconde par seconde, l'action du fixateur sur tel ou tel détail de structure nucléaire mis préalablement au point. Nous avons utilisé principalement, dans ces recherches, le liquide de Benda et le picroformol de Bouin.

Les modifications de structure nucléaire peuvent être ainsi suivies avec une extrême minutie et, à part un très léger gonflement du noyau, le fixateur n'entraîne aucun bouleversement, *aucun déplacement* des éléments figurés qu'il contient. Si l'on fixe de l'œil, au préalable, un des filaments en zigzag dont nous avons parlé, on constate qu'à la seconde même de pénétration du fixateur dans le noyau, ce tracé en zigzag se précise sans aucunement se modifier. Le fond du noyau devenant plus clair, filaments et granules paraissent s'épaissir, tout comme s'ils étaient le siège d'un ramassement de substance. Notons que cet épaississement est toujours plus sensible aux points de croisement ou d'union des filaments, et aux angles du tracé en zigzag, c'est-à-dire sur les appareuts granules.

L'effet est identique dans toutes les parties du noyau et sur *tous les noyaux :* jamais les filaments ni les granules ne disparaissent ni ne se déplacent; simplement, ils deviennent *très* apparents, de *peu* apparents qu'ils étaient auparavant. Le *degré* de précision et de visibilité étant mis hors cause, le noyau fixé garde donc le même aspect général *filamenteux-réticulé* que décelait l'examen vital.

Ajoutons que le fixateur précise en même temps la membrane nucléaire, rend mieux visibles les nucléoles et fait apparaître autour d'eux une zone claire, d'autant plus étroite que la fixation est meilleure. L'effet de cette fixation sommaire et rapide, contrôlée sous l'objectif, a été reconnu conforme à celui d'une fixation prolongée, comme à celui d'une fixation normale suivie des colorations nucléaires habituelles.

Des résultats analogues ou identiques ont été obtenus, tant pour l'examen vital que pour la fixation contrôlée, avec toutes les autres espèces indiquées ci-dessus, ainsi qu'avec les noyaux *interphasiques* de plusieurs d'entre elles.

Mises en regard de nos recherches antérieures sur le cycle du chromosome somatique, étudié sur préparations fixées, ces observations confirment, sur *un nouveau terrain*, la persistance morphologique des structures chromosomiques d'une cinèse à l'autre, y compris la période d'interphase ou de repos.

BOTANIQUE. — *Observations cytologiques et taxinomiques sur les Levures du groupe des Sporobolomyces*. Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Marin Molliard.

Il existe un groupe spécial de Levures à pigment rouge, caractérisé par le fait que les cellules, après un bourgeonnement normal, donnent naissance à une sorte de stérigmate à l'extrémité duquel se forme une cellule réniforme ressemblant à une conidie. Les cellules réniformes sont ensuite projetées à une certaine distance, et lorsqu'on cultive la Levure sur gélose en boîte de Petri retournée, celles-ci viennent se déposer sur le couvercle où elles forment une tache blanchâtre reproduisant exactement l'image de la colonie, et que pour cela on a désignée sous le nom de miroir. Ces Levures qui ne produisent pas d'asques, déjà étudiées par Fischer et Brebek, par Janssens et Mertens, etc., sont surtout connues grâce aux récentes recherches de Kluyver et van Niel [1]. Ces auteurs ont assimilé les cellules réniformes à de véritables conidies, et ont montré que celles-ci sont projetées à distance grâce à un mécanisme analogue à celui décrit par Buller pour les basidiospores de certains Hyménomycètes. Ils ont été ainsi amenés à rapprocher ces

---

(1) *Centralbl. f. Bakteriologie*, 2e Abt., 63, 1924, p. 125.

conidies aux basidiospores et à rattacher aux Hémibasidiées ces Levures pour lesquelles ils ont créé le genre *Sporobolomyces*.

Dans le but de vérifier ce rapprochement par une étude cytologique, Kluyver et van Niel nous ont envoyé des cultures de trois espèces de *Sporobolomyces* : *S. roseus*, *S. tenuis* et *S. salmonicolor*.

Nous avons d'abord repris l'étude du développement de ces espèces en cultures sur cellules de van Tieghem et Lemonnier, ce qui nous a permis de vérifier les résultats de ces auteurs. Sur moût gélosé, les cellules comparables à des conidies de *S. roseus*, recueillies sur le couvercle d'une boîte de Petri retournée, bourgeonnent par leurs extrémités et produisent au bout de 12 heures de petits amas de cellules adhérentes les unes aux autres. Celles-ci, au bout de 24 heures, se séparent et cessent de bourgeonner : elles émettent alors sur leur face latérale une sorte de stérigmate très mince et plus ou moins allongé, qui donne naissance à son extrémité à un petit bourgeon : celui-ci grossit en prenant l'aspect d'une cellule réniforme, puis est mis en liberté.

Il arrive parfois que le même stérigmate produise à son extrémité plusieurs cellules réniformes. Plus souvent encore, le stérigmate se ramifie à son extrémité en deux ou trois courts rameaux qui, chacun, forme une cellule réniforme. Enfin, assez fréquemment, une même cellule mère peut émettre plusieurs stérigmates disséminés en divers points de sa surface. On observe des phénomènes tout à fait semblables dans le *S. tenuis*, avec cette différence que presque toujours les stérigmates se diverticulisent en deux ou trois branches qui, chacune, porte une cellule réniforme. Par contre, le développement est plus compliqué dans le *S. salmonicolor*, parce que cette levure donne des rudiments mycéliens : les cellules réniformes peuvent apparaître aussi bien aux dépens des cellules levures qu'aux dépens des filaments mycéliens. Il semble donc que les cellules réniformes, qui naissent à l'extrémité de stérigmates et sont projetées à distance, qui d'ailleurs ont un contenu plus dense que les cellules mères et des dimensions sensiblement égales, correspondent bien à des sortes de conidies.

A l'état frais, ces levures montrent dans leur cytoplasme des gouttelettes très réfringentes qui augmentent de nombre et de dimensions à mesure que les cellules vieillissent et peuvent se fusionner en gros globules. Ce sont ces gouttelettes qui renferment le pigment, car elles montrent quand elles ont acquis une certaine dimension une teinte nettement rose. Ces gouttelettes réduisent l'acide osmique et se colorent pour le Soudan et

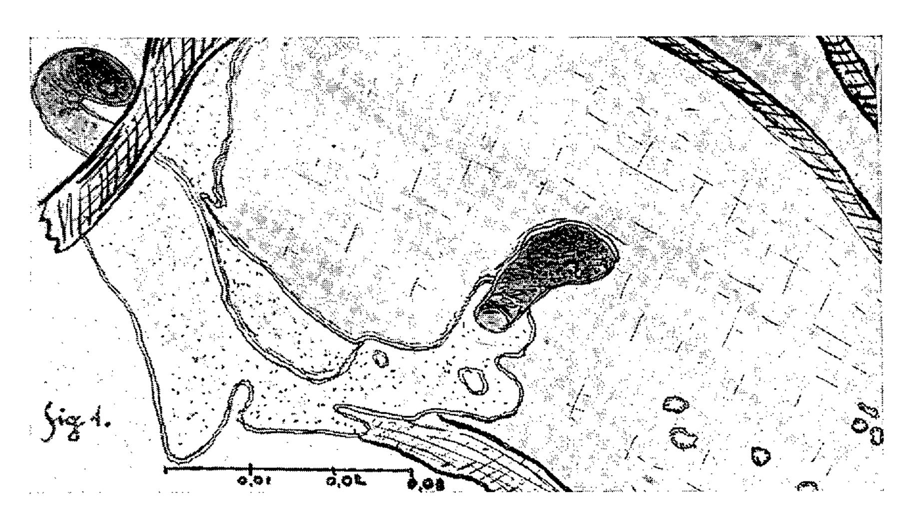
le bleu d'indophénol; on peut donc les considérer comme de nature lipoïde. Elles ne présentent pas les réactions microchimiques de la carotine avec l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, le perchlorure de fer et le réactif iodo-ioduré. Le pigment n'est pas soluble dans l'alcool, le chloroforme, la benzine et le sulfure de carbone lorsqu'on traite directement la culture par ces substances; toutefois, nous avons obtenu une légère dissolution par un traitement de 24 heures dans l'éther. Par ces caractères, le pigment se distingue du pigment de même couleur que l'on rencontre dans les paraphyses de certaines Pézizes (entre autres *Humaria rutilans*), que nous avons étudié comparativement et qui se trouve également dans des gouttelettes lipoïdes, mais qui offrent les caractères microchimiques de la carotine.

Après fixation au liquide de Bouin et coloration à l'hématoxyline ferrique et à l'érythrosine, on observe dans chaque cellule un seul noyau, constitué par un nucléoplasme coloré en rose et un gros nucléole sidérophile. Pendant le bourgeonnement, le noyau s'allonge, en envoyant son extrémité dans le bourgeon, puis il se divise par étirement (amitose) dans le col du bourgeon. Lors de la formation des conidies, il se divise égalment par amitose, mais dans la cellule mère elle même et l'un des noyaux fils émigre dans le stérigmate en s'effilant. Les rudiments mycéliens du *S. salmonicolor* ne sont généralement pas cloisonnés et ne renferment qu'un seul noyau. Le cytoplasme est rempli de petits grains sidérophiles qui se décolorent avant le noyau et qui correspondent aux gouttelettes lipoïdes qui renferment le pigment. L'étude du chondriome constitué presque exclusivement par des chondriocontes montre qu'il ne paraît pas exister de relation entre ces derniers et les granulations pigmentaires.

Nos recherches démontrent que les cellules des *Sporobolomyces* ne renferment à tous les stades de leur développement qu'un seul noyau et qu'il ne se produit par conséquent dans les cellules mères qui produisent les conidies aucune karyogamie. Elles ne confirment donc pas le rapprochement établi par Kluyver et van Niel entre ces Levures et les Hémibasidiées et l'on doit conclure qu'il n'existe en réalité que des ressemblances superficielles entre le mode de formation des conidies des *Sporobolomyces* et celui des basidiopores.

MYCOLOGIE. — *Quelques observations sur la morphologie du mycélium et des suçoirs du* Phytophthora infestans *dans le tubercule de pomme de terre.* Note (¹) de M. **J. Szymanek**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Le décèlement du mycélium et des suçoirs du *Ph. infestans* dans le tubercule de pomme de terre présente toujours quelques difficultés. Cette circonstance était la cause de divergences d'opinion sur les formes morphologiques du mycélium et des suçoirs du parasite. La structure fut, depuis les travaux de de Bary, l'objet de nombreuses controverses. Les travaux effectués à l'étranger, tels que ceux de Clinton, McKay, de Bruyn, Löhnis et d'autres, n'ont pas, non plus, apporté plus de clarté sur l'évolution du parasite dans les tubercules.



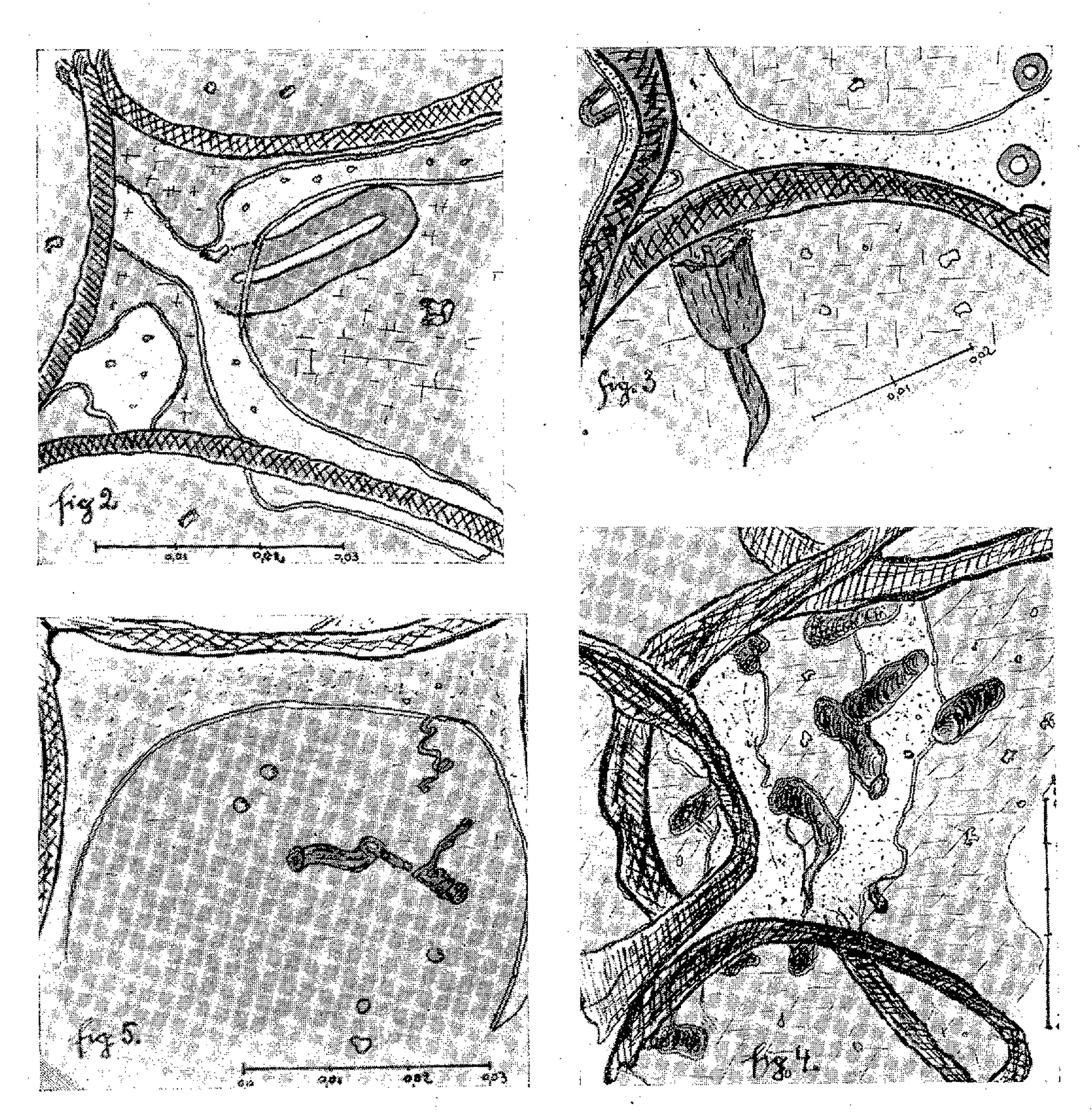
Il résulte de nos observations que le mycélium est rarement filamenteux mais large, ramifié et en palmette; il recouvre presque la moitié de la cellule (*fig.* 1 et 4). Les suçoirs présentent les formes les plus diverses : forme de massue (simple ou double), forme de crochet, voire même forme de tire-bouchon (*fig.* 5); quelquefois ils sont pourvus d'appendices qui ressemblent aux suçoirs du même parasite dans les tissus foliaires (*fig.* 3) décrits par certains auteurs.

Le mycélium, en général, est moins chromophile que la membrane cellu-

(¹) Séance du 21 février 1927.

laire de l'hôte, tandis que les suçoirs à parois très épaisses et à canal très étroit (*fig.* 2) se colorent intensément.

La base du suçoir est aussi large que le suçoir dans sa longueur (*fig.* 4);



la plupart d'eux présentent à leurs extrémités un renflement. Étant donné que leur diamètre varie dans des limites très vastes et que les membranes des cellules envahies présentent des perforations nombreuses à diamètre de

peu inférieur à celui des suçoirs très petits, on peut admettre que la pénétration s'effectue à travers ces perforations.

En regard des constatations précédentes, il n'est pas sans intérêt de rappeler les expériences de Miyoshi; celui-ci, expérimentant sur un *Penicillium*, a vu le mycélium de ce champignon traverser une feuille d'or d'une certaine épaisseur.

MYCOLOGIE. — *Sur le développement des périthèces chez le* Cordyceps militaris (*Linn.*) *Link*. Note (¹) de M. **Bogdan Varitchak**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Lorsqu'on envisage l'ensemble des Ascomycètes, on constate qu'il existe deux sortes de périthèces : les périthèces simples et les périthèces composés; si l'on connaît assez bien l'origine des premiers, il n'en est pas de même en ce qui concerne les seconds.

Aussi avons-nous profité de récoltes particulièrement abondantes de *Cordyceps militaris* qui possède des périthèces (²) composés, pour étudier tous les stades de l'évolution de ce champignon (*fig.* 1, *a*, *b*, *c*, *d*). Celui-ci se développe sur une chrysalide enfoncée dans la mousse humide à une profondeur de 2 à 3^{cm}.

Le début de chacune des chambres contenant les asques montre un filament plus ou moins renflé, dont l'extrémité ne renferme qu'un seul noyau (*fig.* 2, *a*) : c'est l'ascogone; celui-ci se remarque au milieu des autres filaments qui l'entourent par un cytoplasme très dense et fortement chromatique : le noyau lui-même est plus gros que les noyaux ordinaires et il se distingue, d'autre part, en ce qu'il possède un nucléole volumineux.

Cet ascogone, en même temps qu'il s'allonge en se recourbant, ou en se contournant plus complètement, devient plurinucléé (*fig.* 2, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *k*); parfois les noyaux sont rapprochés par paires : mais il s'agit d'une apparence due à une division récente et non à de véritables synkarons. Il est important de noter qu'à aucun moment ces ascogones n'entrent en communication directe avec un second filament copulateur : il n'existe donc dans le *Cordyceps militaris* aucun vestige de sexualité à ce niveau. Très exceptionnellement, par suite du rapprochement de deux ascogones, on

---

(¹) Séance du 21 février 1927.

(²) P.-A. Dangeard, *L'origine du périthèce chez les Ascomycètes* (*Le Botaniste*, 10ᵉ série, I-XC, 1907, p. 1-185, pl. 8).

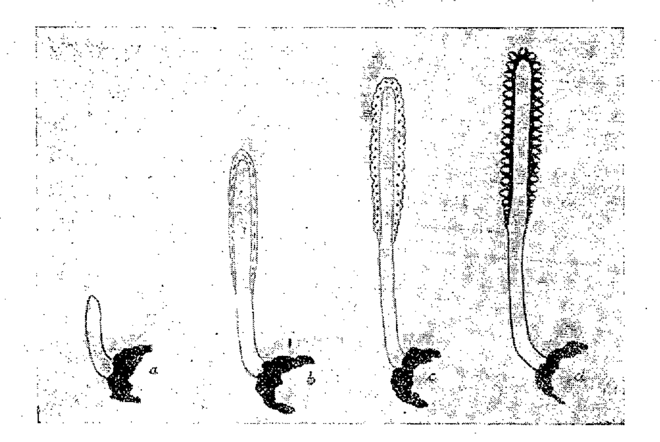


Fig. 1.

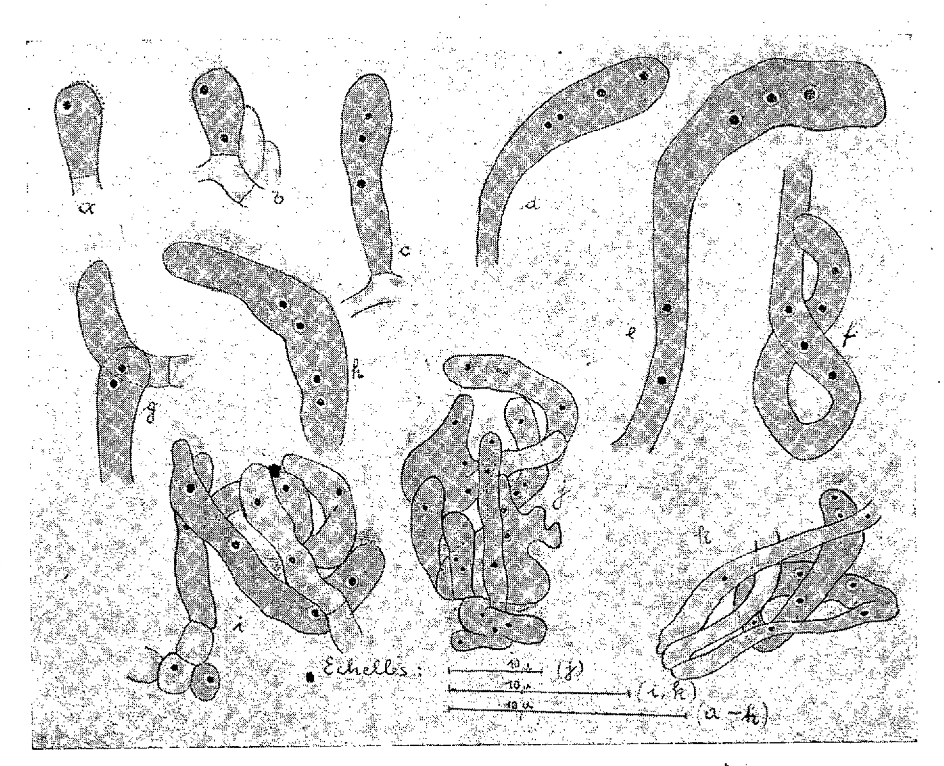


Fig. 2.

pourrait avoir l'impression d'une mise en relation des deux organes : ce n'est qu'une apparence ainsi qu'on peut le vérifier et sans doute des cas analogues ont-ils été interprétés inexactement.

Avec le concours des hyphes végétatives, l'ascogone commence à former des pelotons (*fig.* 2, *i*). Ces hyphes prennent un aspect semblable à celui de l'ascogone. Dans ce stade, on ne peut guère distinguer l'ascogone qu'à sa dimension un peu plus grande et à ses noyaux un peu plus volumineux. Bientôt l'ascogone se renfle et il forme un sac à partir duquel se développent les hyphes ascogènes (*fig.* 2, *j*); des noyaux s'en vont dans ces ramifications et l'on trouve aussi les noyaux disposés par paires, surtout dans des stades assez avancés où les pelotons deviennent de plus en plus grands; on peut trouver aussi les restes des ascogones en voie de disparition.

A un moment donné, apparaissent les organes qu'on appelle périphyses et en même temps les parois des périthèces commencent à se former. Un peu plus tard, à la base des périthèces, se forme un tissu pseudo-parenchymateux à partir duquel se produisent les crochets. Dans les jeunes asques nous avons observé la fusion « dangeardienne ».

L'asque une fois formé est le lieu de processus extrêmement curieux qui aboutissent à la formation des spores. A cause des faibles dimensions des objets à examiner, on ne peut pas suivre toutes les phases. Les stades que nous avons pu observer nous montrent nettement que le nombre des chromosomes dans cette espèce est de deux.

Conclusions. — A notre connaissance, c'est la première fois qu'on a suivi le développement des périthèces chez un représentant du genre *Cordyceps*. Étant donné qu'en dehors des jeunes asques nous n'avons constaté ni fusion nucléaire, ni même passage de noyaux de l'un des organes initiaux dans l'autre, il nous semble qu'on peut appliquer aux *Cordyceps* les idées générales formulées au sujet des Ascomycètes à périthèce simple.

ENTOMOLOGIE. — *La descendance des monstres doubles de Phasmides. Origine des intersexués* (1). Note de M. **P. Cappe de Baillon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans un travail consacré à l'embryologie, à la morphologie et à la biologie des Insectes monstrueux (2), il a été démontré que la fécondité absolue des monstres doubles du *Carausius morosus* (Orthopt., Phamides) était inférieure à celle des sujets normaux, mais que le taux de la ponte quotidienne était plus élevé chez les premiers que chez les seconds; autrement dit, que la monstruosité, en abrégeant la durée de la vie des Insectes monstrueux, réduisait la période de la ponte, mais augmentait légèrement l'activité de l'ovaire. Il reste à dire quelle est la part de l'hérédité dans la descendance des monstres doubles.

On a vu que la régulation de forme exerçait son influence dès les premiers stades de l'embryogénie et tendait à ramener et à maintenir l'embryon monstrueux dans les proportions de l'embryon régulier. Cette force régulatrice, en prolongeant son action pendant toute la durée de la vie larvaire, aboutit à la réalisation d'un monstre adulte à peine différent de l'individu normal.

Porteurs d'anomalies ainsi réduites, les monstres doubles ne peuvent léguer à leur descendance des organes surnuméraires bien développés, mais ils pourraient lui laisser des tares plus ou moins apparentes. Or il est impossible de découvrir la moindre trace des anomalies maternelles, même dans la descendance des pondeuses qui ont conservé à peu près intacts les caractères monstrueux qu'elles possédaient à l'état larvaire.

Comme les femelles normales, les femelles monstrueuses pondent un certain nombre d'œufs pluriovulaires, mais : 1° ce nombre n'excède pas le nombre des œufs pluriovulaires pondus par les femelles normales; 2° le

(1) P. Cappe de Baillon, *Monstres doubles et intersexués chez les Phasmides* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1373); *Caractères généraux des monstres doubles chez les Phasmides* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1790); *Un problème de tératogenèse. Monstre double de Phasmide* (Carausius morosus *Br.*) (*C. R. Soc. biol.*, **93**, 1925, p. 163); *Sur l'embryogenèse des Monstres doubles chez les Phasmides* (Carausius morosus *Br.*) (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 479).

(2) P. Cappe de Baillon, *Recherches sur la Tératologie des Insectes* (1 vol. de l'*Encyclopédie entomologique*, Lechevalier, Paris, 1927)

coefficient de monstruosité (¹) des femelles monstrueuses n'est pas plus élevé que le coefficient des pondeuses ordinaires (soit 14,82; 9,12; 9,38; 6,39; 4,75; 3,21; 14,16 pour les monstres doubles, contre 11,64; 10,19; 12,3 pour les pondeuses normales ayant les coefficients les plus élevés); 3° les monstres doubles, issus de ces œufs monstrueux, offrent des caractères qui n'ont aucune connexion avec les caractères maternels. Comme, d'autre part, l'étude anatomique des centres nerveux — centres si profondément modifiés chez le monstre adulte — n'a révélé jusqu'ici, dans la descendance des monstres doubles, aucune anomalie apparente, il faut admettre que les caractères tératologiques des monstres doubles ne se transmettent pas à leur descendance.

Mais, de ce que les tares purement morphologiques ne sont pas héréditaires, il ne s'ensuit nullement que les descendants des monstres doubles soient normaux. La descendance directe des monstres doubles du *Carausius morosus*, la seule qui ait été suivie, comporte un très grand nombre d'intersexués quand elle n'en est pas entièrement composée. Les intersexués, à de rares exceptions près, sont des femelles légèrement masculinisées, caractérisées par un rétrécissement notable du thorax et une pigmentation rougeâtre plus ou moins étendue du mésosternum, du métasternum et du métanotum.

En attendant l'étude cytologique de ce matériel — les monstres doubles ont fourni un total de 1465 œufs — il est permis de tirer de ces données quelques conclusions intéressantes concernant l'origine des intersexués en général, l'apparition brusque dans une lignée d'intersexués en nombre considérable, le rôle de l'élément mâle dans la détermination du phénomène. S'il est vrai que la chromatine est le facteur principal de l'intersexualité, l'exemple du *Carausius morosus* prouve que l'influence de ce facteur est plutôt quantitative que qualitative. Enfin, il n'est pas inutile de rappeler, en terminant, que si la fusion des ooplasmes dans les œufs pluriovulaires du *Carausius morosus* ne peut être mise en doute, la fusion des noyaux de ces mêmes œufs n'a pas été observée jusqu'ici. Bien plus, les premières phases du développement de l'embryon double sembleraient plutôt indiquer que cette fusion n'a pas lieu.

(¹) Le *coefficient de monstruosité* est le nombre pour cent des monstres doubles issus des œufs mal conformés d'une ponte donnée; il a été établi pour un total de 59521 œufs.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la compressibilité comparée du sérum et des globules du sang de cheval.* Note de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. C. Matignon.

Au moyen d'une méthode piézométrique d'une précision éprouvée, nous avons déterminé le coefficient de compressibilité moyen des différents constituants du sang de cheval.

Le sang employé était recueilli aux abattoirs et défibriné au sortir du vaisseau. Le piézomètre était rempli soit de sang complet, bien agité pour assurer la répartition uniforme des globules, soit de sérum, obtenu par centrifugation du sang défibriné.

COEFFICIENTS DE COMPRESSIBILITÉ COMPARÉS DU SÉRUM ET DU SANG COMPLET DÉFIBRINÉ.

Pressions en kilogrammes par centimètre carré.	Coefficient de compressibilité du sérum $\times 10^6$.	Coefficient de compressibilité du sang complet défibriné $\times 10^6$.
Première série. — Température : 18°.		
1 à 200	44,0	42,3
200 à 500	39,3	37,1
500 à 800	36,4	34
Deuxième série. — Température : 19°.		
1 à 200	43,3	41,1
200 à 400	40,5	37,2
400 à 600	38,4	35,7

Les résultats concordants de ces diverses expériences montrent que le sang complet est moins compressible que le sérum; nous avons voulu vérifier directement que c'étaient bien les globules qui diminuaient la compressibilité du sang complet.

Pour cela, des globules, obtenus par centrifugation du sang défibriné, étaient répartis, suivant les proportions indiquées par le tableau, dans une solution de chlorure de sodium à 9 pour 1000.

COEFFICIENTS MOYENS DE COMPRESSIBILITÉ DE 1 A 500kg PAR CENTIMÈTRE CARRÉ A 17°

	Solution de NaCl à $\frac{9}{1000}$			
Sérum.		+ 30 pour 100 de globules.	+ 80 pour 100 de globules.	+ 200 pour 100 de globules.
41,3.......	42,3	40,9	38,3	36,6

Conclusions. — 1° Le sérum du sang de cheval est moins compressible qu'une solution isotonique de chlorure de sodium.

2° Le sang complet est moins compressible que le sérum du même sang.

3° Une suspension de globules dans une solution de chlorure de sodium isotonique au sérum est d'autant moins compressible qu'elle est plus riche en globules.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Méthode de différenciation des sérums pathologiques (cancer, syphilis, tuberculose). Sur les caractères du sérum cancéreux.* Note [1] de MM. **Roger Douris** et **Georges Giquel**, présentée par M. d'Arsonval.

Le sérum sanguin est un milieu constitué surtout par des matières albuminoïdes en équilibre avec une certaine concentration en substances salines et en particulier en chlorure de sodium.

Cet équilibre assez stable dans le sérum normal résiste à de petites variations dans la concentration des substances salines ou dans les proportions respectives des deux catégories de constituants. Il n'en est plus de même lorsque le sérum provient d'un individu syphilitique, tuberculeux ou cancéreux.

Ce déséquilibre peut être mis en évidence par de nombreux réactifs sérologiques de composition complexe. Nous avons pensé à substituer à ceux-ci l'eau distillée. L'addition de cette dernière au sérum à examiner, en abaissant la concentration saline, détermine la précipitation partielle des globulines dont on aperçoit aujourd'hui le rôle important dans les phénomènes d'immunité.

Nous avons examiné systématiquement cette action en effectuant des dilutions diverses de façon à étudier l'intensité de la floculation produite,

(1) Séance du 28 février 1927.

l'influence du temps sur la quantité de précipité formé et les rapports entre cette précipitation et l'état pathologique.

Pour évaluer numériquement les résultats, au lieu de comparer les troubles produits par l'eau distillée dans un sérum normal et dans un sérum pathologique, nous avons voulu tenir compte de l'état initial propre à chaque sérum. Pour cela, nous avons constitué un témoin de comparaison formé par une dilution du sérum dans les mêmes proportions au moyen d'une solution de chlorure de sodium à 9 pour 1000 qui le maintient dans sa stabilité primitive.

L'étude des courbes de précipitation qui figureront dans un autre recueil nous a conduits à la technique suivante pour les sérums soumis à notre examen.

Technique. — Dans quatre petits tubes de 13mm de diamètre et 60mm de hauteur, on fait les dilutions suivantes au $\frac{1}{8}$ et au $\frac{1}{11}$ du sérum à examiner âgé de 24 heures. [Il est indispensable que le sang soit prélevé dans des conditions (1) qui permettent d'obtenir un sérum clair et ne contenant pas d'hémoglobine.]

	Tubes nos			
	1.	2.	3.	4.
Sérum	0,2	0,2	0,2	0,2
Eau distillée	1,4	»	2,0	»
Eau salée (NaCl 9 pour 1000)	»	1,4	»	1,4

On constate, après agitation, que les tubes contenant du sérum et de l'eau distillée présentent souvent une opalescence plus ou moins marquée. Celle-ci peut être mise en évidence en plaçant à côté l'un de l'autre le tube à réaction et le tube témoin correspondant.

Dix minutes après le mélange, le contenu de chaque tube est agité de nouveau et placé dans la petite cuve parallélépipédique du photomètre Yvon. On détermine la différence de densité optique qui existe entre les tubes 1 et 2 d'une part et 3 et 4 d'autre part.

Les différences (en centièmes de densité optique) constatées entre les tubes 1 et 2 sont nulles pour les sérums normaux et s'évaluent par un nombre compris entre 0 et 3 pour les sérums de maladies qui ne déterminent pas l'altération physico-chimique du sang. Pour les sérums syphilitiques, les nombres trouvés s'étalent entre 3 et 10. Enfin, ce qui présente un grand intérêt, pour toute une série de cancéreux examinés dont l'affection avait été confirmée par des examens histologiques, les nombres trouvés ont été voisins de 10 ou supérieurs à ce nombre. A noter cependant que quelques sérums de tuberculeux cachectiques sont venus se placer dans une zone d'empiètement sur les sérums syphilitiques et cancéreux.

Les tubes 3 et 4 permettent de contrôler les mesures faites sur les tubes 1 et 2. La

(1) R. Douris, *Guide pratique pour l'analyse du sang*, p. 10 (Vigot frères, édit.; Paris, 1925).

dilution $\frac{1}{11}$ amène un déséquilibre immédiat plus accentué et les chiffres obtenus sont supérieurs de 2 à 3 unités aux différences constatées entre les tubes 1 et 2.

Conclusions. — I. Il est singulier que des maladies aussi différentes que la syphilis, la tuberculose et le cancer soient caractérisées par un déséquilibre sérique analogue. Ceci explique les résultats bien connus observés dans les méthodes de séro-diagnostic de la syphilis et de la tuberculose dans lesquelles la moindre variation de sensibilité du réactif antigénique vient fausser la spécificité.

II. Les différences d'intensité de ces floculations viennent à l'appui de l'hypothèse d'après laquelle la syphilis et la tuberculose formeraient « le lit du cancer ».

III. Un nombre élevé supérieur à 10, dans les conditions expérimentales décrites, est en faveur du diagnostic du cancer.

HISTOLOGIE PATHOLOGIQUE. — Encephalitozoon Negrii, *parasite de l'encéphalo-myélite des jeunes chiens.* Note de MM. **Y. Manouelian** et **J. Viala**, présentée par M. Roux.

L'encéphalo-myélite des jeunes chiens, que l'on désigne habituellement sous le nom de forme nerveuse de la maladie du jeune âge, présente, surtout dans sa forme aiguë, un ensemble de symptômes que l'on retrouve dans la rage. A l'autopsie même, les constatations sont souvent identiques, matières étrangères dans l'estomac, etc. Ces analogies rendent le diagnostic de ces maladies fort difficile; des cliniciens émérites s'y sont trompés.

Or, comme celui de la rage, le parasite de l'encéphalo-myélite des jeunes chiens est un *Encephalitozoon*. Nos travaux sur douze cas de la forme aiguë de cette maladie le prouvent. Nous avons étudié chez tous les animaux l'écorce cérébrale, la corne d'Ammon, la couche optique, le bulbe olfactif, le cervelet, la protubérance, le bulbe rachidien, la moelle épinière. Voici le résultat de nos recherches.

Il s'agit de corpuscules allongés, ovoïdes, fusiformes, en navette, dont certains présentent des espaces clairs dans leur intérieur. Ils sont de dimension variable, 1 à 2$^{\mu}$ en moyenne. Ils se colorent en rouge par la méthode de Mann et sont entourés d'un halo transparent.

Ces corpuscules ressemblent à l'organisme découvert par J. H. Wright et E. M. Craighead dans l'encéphalite dite spontanée du lapin, organisme que Levaditi et ses collaborateurs ont désigné sous le nom d'*Encephalitozoon*

cuniculi. Ils ressemblent aussi d'une façon frappante au parasite de la rage.

On les rencontre, soit isolés, soit réunis en amas plus ou moins considérables dans les centres nerveux précités, aussi bien dans la substance grise que dans la substance blanche, mais ils ne sont jamais groupés en pseudokystes comme l'*Encephalitozoon cuniculi*.

En même temps que ces corpuscules nous en avons découvert d'autres qui permettent d'expliquer la filtrabilité du parasite. En effet, à côté des individus mesurant 1 à 2$^{\mu}$, il en existe de plus petits et l'on constate toute une graduation jusqu'aux corps tout à fait minuscules, à la limite de la visibilité, qui parfois prodigieusement nombreux constellent le tissu nerveux. Il en est aussi dont la dimension dépasse 2$^{\mu}$. Un examen approfondi permet cependant de reconnaître des stades intermédiaires entre toutes ces formes et les corps d'aspect homogène décrits par Lentz, ainsi que les corpuscules contenant des inclusions, signalés par Sinagaglia et récemment encore par Gerlach, jusqu'enfin aux corps de *Negri* typiques. En effet nous venons de découvrir dans l'encéphalo-myélite des jeunes chiens des corps qui renferment, comme dans la rage et à la différence des corpuscules de Sinagaglia, des inclusions contenant des points centraux. Faisons remarquer que parmi les chiens atteints de cette maladie, chez un certain nombre seulement, les auteurs avaient rencontré leurs corpuscules.

Quels sont les rapports du parasite avec le tissu nerveux? Une différence fondamentale entre les parasites de la rage et de l'encéphalo-myélite des jeunes chiens : alors que celui-là se trouve dans l'intérieur du cytoplasme et des dendrites des cellules nerveuses, celui-ci s'observe en dehors de ces cellules. Toutes les formations que nous venons de décrire peuvent présenter des connexions plus ou moins intimes avec les neurones, mais elles n'y sont pas incluses. Les formes intra-cellulaires, nous ne les nions pas, mais elles sont très rares, excessivement rares.

La répartition des parasites dans les centres nerveux n'est pas la même que celle de la rage. Ils ne sont pas très abondants dans la corne d'Ammon. Ils pullulent par contre au niveau des couches superficielles de certaines circonvolutions cérébrales. On les rencontre aussi en très grand nombre dans quelques portions de la couche des grains et de la substance blanche du cervelet, de la protubérance du bulbe rachidien. Signalons leur présence dans le voisinage et au niveau de l'épithélium des ventricules du cerveau, du quatrième ventricule et du canal de l'épendyme. Mais là aussi les parasites sont extra-cellulaires.

Chez un certain nombre de chiens atteints d'encéphalo-myélite, il existe

une localisation des parasites au niveau des glandes salivaires; en effet, nous avons retrouvé dans ces organes toutes les formations que nous venons de décrire dans le système nerveux central. Les parasites existent au niveau des cellules des acini et des cellules des canaux excréteurs. Or, ils offrent la même disposition dans les glandes salivaires que dans le névraxe. Ils sont extra-cellulaires, au niveau, mais en dehors des cellules parenchymateuses. Fait intéressant : on les rencontre parfois dans la lumière des canaux excréteurs; il est donc prouvé qu'ils passent dans la bave.

Nous n'avons jamais constaté dans nos cas les kystes signalés — 5 fois sur 22 — par Kantarowicz et Lévy dans le cerveau des chiens atteints d'encéphalo-myélite. Nous croyons qu'il s'agit là d'un parasitisme accidentel n'ayant aucun rapport avec cette maladie.

La constance des formations que nous venons de décrire dans la forme nerveuse de la maladie des jeunes chiens, leur analogie avec les *Encephalitozoon cuniculi* et *rabiei*, leur pullulation en dehors des cellules nerveuses et dans les régions du névraxe, où celles-ci sont rares ou totalement absentes, leur présence en quantité considérable dans les glandes salivaires, nous permettent d'affirmer qu'il s'agit d'un parasite spécifique. Aussi, *sans nullement préjuger de sa nature*, mais seulement pour souligner sa ressemblance avec les *Encephalitozoon cuniculi* et *rabiei*, nous l'avons désigné sous le nom d'*Encephalitozoon Negrii*.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étiologie vermineuse de certains cancers.* Note [1] de M. **A. Borrel**, présentée par M. Roux.

En 1906, dans un Mémoire lu à l'Académie de Médecine, nous avions signalé dans les sarcomes du foie chez le rat, la présence constante au centre de la tumeur d'un cysticerque de *Tænia crassicola* du chat. L'élevage nous en avait fourni plusieurs cas, et nous avions démontré par l'inoculation en série du tissu de la tumeur qu'il s'agissait bien d'un cancer.

Ces faits ont été unanimement confirmés et, en 1921, deux Américains, MM. Bulloch et Curtis, ont pu reproduire expérimentalement cette tumeur en faisant ingérer à des rats des œufs de *T. crassicola* du chat. Sur 1100 rats qui ont servi à cette expérience, dont 500 environ avaient survécu, ils ont obtenu 85 cas de sarcome du foie.

---

[1] Séance du 28 février 1927.

Nous avons nous-même réalisé cette infestation plusieurs fois et obtenu plusieurs cas de sarcome expérimental; un cas récent nous a permis de voir sur coupe la tête du tænia implantée au centre de la tumeur avec tous ses crochets de fixation. Le sarcome du foie du rat doit donc être considéré comme le premier exemple d'une tumeur cancéreuse incontestable, à étiologie parasitaire démontrée.

Le cysticerque seul (comme agent irritant) est-il capable de créer la maladie cancéreuse? Ou bien n'est-il que le vecteur d'un virus qu'il porte en bonne place? Ce deuxième problème étiologique reste à résoudre.

A la même époque, en 1906, dans le même travail et ultérieurement dans d'autres publications, nous avions signalé la présence fréquente d'un nématode au voisinage de tumeurs cancéreuses de la mamelle chez la souris, et j'avais aussi incriminé ce nématode comme agent étiologique.

Dans un élevage de souris organisé pour l'étude du cancer, les 4000 souris qui constituent l'élevage sont examinées systématiquement tous les quinze jours, et les tumeurs constatées qui n'ont certainement pas plus de 15 jours sont coupées en totalité et examinées au microscope; on examine en même temps et systématiquement les autres mamelles de la souris cancéreuse, même s'il n'y a pas de tumeur visible à l'œil nu; il n'est pas rare que la même souris présente 2, 3, 4 cancers à divers degrés de développement dans les différentes mamelles dont elle est abondamment pourvue.

Depuis le mois de novembre, nous avons eu la bonne fortune de rencontrer trois fois le ver incriminé jadis, et qui se trouve être une filaire, dans des tumeurs cancéreuses au début de leur développement; l'un des cancers mesure à peine $0^{mm},5$ de diamètre, le deuxième environ 2^{mm}; ces deux tumeurs ont été des trouvailles d'autopsie et d'examen microscopique; le troisième est gros comme un grain de plomb n° 6 et avait été diagnostiqué du vivant.

Dans le premier cas, le parasite se trouve exactement dans la tumeur; dans le deuxième cas, il est au voisinage immédiat de la tumeur et enfin dans le troisième cas, il est dans la glande mammaire à une distance de 2 à 3^{mm} à peine.

Les préparations ont été reproduites photographiquement.

Les filaires sont vivantes et les embryons qu'elles contiennent paraissent mûrs.

Je ferai remarquer que la recherche de cette filaire microscopique (à peine visible à l'œil nu lorsqu'elle est colorée) n'est pas facile; elle est

invisible à l'état frais dans les tissus; les trois constatations positives que je présente n'en ont que plus de valeur démonstrative.

Je ferai remarquer aussi que le parasite est vivant, qu'il est là seulement de passage et que la recherche aurait probablement été négative si la souris cancéreuse avait été sacrifiée 2 ou 3 jours plus tard.

Plus développées, les tumeurs auraient gardé le secret de leur origine.

Un grand progrès sera fait dans l'étude du cancer de la souris le jour où l'on pourra infester à coup sûr les souris en expérience et avoir à coup sûr des élevages sans filaire et avec filaire.

On peut déjà prévoir une étiologie fort complexe et à plusieurs degrés.

Y a-t-il un ectoparasite de la souris qui inoculerait la filaire ? (Beaucoup de puces sont constatées dans notre élevage à cette période de l'année.)

Y a-t-il une période de l'année correspondant à la ponte des embryons sous la peau où cette infestation se ferait plus facilement ? (nous avons pu constater la présence de jeunes embryons éclos dans le tissu cellulaire sous-cutané).

L'infestation se fait-elle seulement par pénétration cutanée comme par d'autres filaires ?

Puisque la filaire adulte peut circuler dans les glandes mammaires les jeunes souris pourraient-elles s'infester au moment de l'allaitement ?

Beaucoup de questions sont encore à élucider au point de vue étiologique. Là aussi se posera la question d'un virus possible apporté par la filaire au niveau de la glande mammaire.

La souris est un animal précieux pour les études sur le cancer puisque on peut assez facilement avoir à sa disposition des cancers à l'état naissant et qui datent de 8 à 15 jours à peine.

De pareilles recherches sont impossibles dans la plupart des cas de cancer humain, qui, lorsqu'ils sont diagnostiqués, sont constitués depuis longtemps.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926.

Abridged scientific publications from the research Laboratories of the Eastman Kodak company. Rochester.
Academia romana : Memoriile sectiunii stiintifice (Bulletin de la section scientifique). Bucuresti.
Académie des Sciences (Annuaire). Paris.
Académie roumaine (Bulletin de la section scientifique). Bucarest.
Académie royale de Belgique; classe des sciences : Mémoires (collection in-8°). Bruxelles
Académie royale de Belgique; classe des sciences : Mémoires (collection in-4°). Bruxelles.
Académie tchèque des Sciences (Bulletin international). Prague.
Academy of natural Science of Philadelphia (Year book. Annual report). Philadelphia.
A. C. F. Automobile-Club de France (Bulletin officiel). Paris.
Acta Academiæ Aboensis; II. *Mathematica.* Åbo.
Acta et commentationes universitatis Dorpatensis. Tartu.
Acta mathematica. Stockholm.
Acta Horti botanici Universitatis Latviensis. Riga.
Acta scholæ medicinalis universitatis imperialis in Kioto. Kioto.
Actas das Assembleas gerais. Lisboa.
Acta Societatis botanicorum Poloniæ. Varsovie.
Acta Societatis scientiarum naturalium Moraviæ. Brno.
Actes de la Société linnéenne de Bordeaux. Bordeaux.
Actes du Muséum d'histoire naturelle de Rouen. Rouen.
Actes et comptes rendus de l'Association colonies-sciences. Paris.
Action (L') régionaliste. Paris.
Akadémiai Értesítö. Budapest.
Akademie der Wissenschaften in Wien (Almanach). Wien.
— *(Denkschriften).* Wien.
— *(Sitzungsberichte).* Wien.
Almanaque nautico. San Fernando.
American ephemeris and nautical almanac. Washington.
American journal of botany. Lancaster, London.
American journal of mathematics. Baltimore.
American journal of philology. Baltimore.
Anales de la Facultad de medicina. Montevideo.

Anales de la Sociedad cientifica argentina. Buenos-Aires.
Anales de la Universitad central. Quito.
Anales del Instituto geologico de Mexico. Mexico.
Anales del Instituto y observatorio de marina. San Fernando.
Anales del Ministerio de Agricultura de la Nacion. Buenos-Aires.
Anales del Museo nacional de ciencias naturales. Madrid.
Annaes do Museu Paulista. Sao Paulo.
Annaes scientificos da Academia polytechnica do Porto. Coïmbra.
Annalen der Schweizerischen meteorologischen Zentral-Anstalt. Zurich.
Annalen van de sternewacht te Leiden. Haarlem.
Annales de Chimie. Paris.
Annales de la Faculté des sciences de Marseille. Marseille.
Annales de la Société d'Agriculture... du département de la Loire. Saint-Étienne.
Annales de la Société géologique de Belgique. Liége.
Annales de la Société royale zoologique de Belgique. Bruxelles.
Annales de la Société scientifique de Bruxelles. Louvain, Paris.
Annales de l'Institut national agronomique. Paris.
Annales de l'Institut océanographique. Paris.
Annales de l'Institut Pasteur. Paris.
Annales de l'Observatoire de Ksara (Liban).
Annales de l'Observatoire de Zô-Sé (Zi-Ka-Wei). Chang-Hai.
Annales de l'Office national des combustibles liquides. Paris.
Annales de médecine et de pharmacie coloniales. Paris.
Annales de physique. Paris.
Annales des épiphyties. Paris.
Annales des mines ou recueil de mémoires sur l'exploitation des mines et sur les sciences et les arts qui s'y rattachent. Paris.
Annales des Ponts et Chaussées (Parties technique et administrative). Paris.
Annales des services techniques d'hygiène de la Ville de Paris. Paris.
Annales du Bureau central météorologique de France. Paris.
Annales du Musée colonial de Marseille. Marseille.
Annales du Musée du Congo belge. Bruxelles.
Annales scientifiques de l'Université de Jassy. Jassy.
Annali d'igiene. Roma.
Annals of Harvard College Observatory.
Annals of the astronomical Observatory of Harvard College. Cambridge, Mass.
Année biologique (L'). Paris.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 MARS 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences vient de perdre un de ses membres les plus aimés en la personne de **Daniel Berthelot.**

Notre confrère assistait à la dernière séance, où il nous présenta une communication : elle devait être la dernière. Son dernier sourire aussi fut pour l'Académie, au moment où votre Président, ouvrant la séance, vous reportait aux jours où la synthèse organique naissait dans la maison de Marcelin Berthelot. Son premier sourire avait été dans cette même maison, pour celle qui, penchée sur son berceau, lui apprenait graduellement quel était son nom, que son nom était l'un des plus beaux de France, et qu'il aurait à lui faire honneur.

Cette femme admirable, à laquelle Marcelin Berthelot n'avait point su survivre, lui mit en outre au cœur le culte de la plus rare passion, celui de la reconnaissance. Grâce à cette haute religion, ainsi gravée au fond de son être, Daniel Berthelot ne laissa jamais passer une occasion de proclamer tout ce qu'il devait à sa mère (tout ce que nous devons à nos mères, en France, car il aimait généraliser), aux maîtres qui l'avaient formé, à Jamin à Paul Desains, à Becquerel, à Gabriel Lippmann, aux vieux cadres même qui avaient impressionné sa sensibilité, réduits obscurs du Muséum, greniers vermoulus de la rue de Vaugirard, appentis et hangars de la rue Saint-Jacques, où « il avait vécu bien des heures inoubliables de sa jeunesse ».

Successivement préparateur à la Sorbonne, au Muséum, au Collège de France, Daniel Berthelot s'était stabilisé comme professeur de physique à l'École de Pharmacie; c'est là, c'est dans son laboratoire de Meudon, qu'il poursuivait ses recherches, quand la mort vint nous le ravir.

Ses premiers travaux ont porté sur les réactions des composés chimiques en dissolution, étudiées par la méthode des conductibilités électriques. Dès ses débuts, il abordait dans sa généralité le problème de la neutralisation des acides tant minéraux qu'organiques, ainsi que les questions de mécanique chimique qui s'y rattachent. Il est demeuré de ce premier travail, définitif, une méthode dite des « courbes de neutralisation », couramment employée dans la pratique.

Un autre problème sollicita bientôt son effort, celui de la pyrométrie. La mesure des hautes températures se heurte à des difficultés si considérables qu'il existait, avant les recherches de notre confrère, des écarts de 40° entre les nombres des meilleurs expérimentateurs pour la plus importante des constantes pyrométriques au voisinage de 1000°, celle du point de fusion de l'or. Les thermomètres ne donnant que des résultats incertains à la température du rouge, en raison de la nature de leur enveloppe, Daniel Berthelot voulut s'en passer et posa le principe d'une méthode optique nouvelle, basée sur l'application du phénomène des interférences à l'évaluation des températures en valeur absolue.

Il introduisait dans la production des températures la précision des mesures électriques, et put ainsi déterminer avec sûreté quelques-uns des points fixes les plus importants dans la mesure des températures élevées. Il pouvait passer à d'autres mesures.

Les physiciens et les chimistes attachent, à juste titre, une grande importance à la connaissance de la densité des gaz. Daniel Berthelot montra qu'elle était encore sous-estimée, puisqu'on pouvait l'utiliser pour fixer leurs poids atomiques, avec une précision au moins égale à celle des analyses chimiques, à condition de substituer aux densités ordinaires mesurées sous la pression atmosphérique les *densités limites* que l'on déduit des premières.

Cette méthode physique offrait le précieux avantage de permettre de calculer le poids moléculaire d'un gaz d'après deux données (densité et compressibilité) relatives à ce gaz seul. Les différentes valeurs obtenues sont donc indépendantes les unes des autres, ce qui n'est pas le cas pour les méthodes chimiques. L'accord des nombres obtenus pour les poids atomiques de l'oxygène et de l'hydrogène par des méthodes aussi différentes qu'une synthèse en poids de l'eau d'une part, et des mesures sur la densité et la compressibilité des gaz séparés d'autre part, est également honorable pour les adeptes de ces deux disciplines.

Après les *densités limites*, Daniel Berthelot a évalué les *coefficients de dilatation limites*. Utilisant des expériences sur la compressibilité des gaz

à 0° et à 100°, il a ramené les coefficients de dilatation observés sous diverses pressions à leur valeur sous une très faible pression. En possession des *densités limites* et des *coefficients de dilatation limites*, il put donner exactement pour la première fois la *constante des gaz parfaits*, la plus importante des constantes physico-chimiques.

Ces études conduites avec une rare méthode amenèrent Daniel Berthelot à une équation caractéristique nouvelle qui lui permet de déduire de la seule connaissance de la pression et de la température critique tous les écarts des gaz réels par rapport aux gaz parfaits, tels qu'ils ont été mesurés par les meilleurs observateurs.

A la suite de ces études sur les gaz, il étendit sa formule aux fluides en général.

D'autres observations de Daniel Berthelot sur l'analyse des phénomènes électriques et magnétiques, d'autres méthodes imaginées par lui, telle celle pour la comparaison des constantes diélectriques, sont assurément présentes à vos esprits, mais ce que nous avons rapporté suffit à la réputation d'un savant.

Par le choix et l'ingéniosité des méthodes mises en œuvre, la précision des observations, la sagacité des aperçus théoriques, Daniel Berthelot s'est classé parmi les expérimentateurs les plus habiles et les plus avisés de notre temps. De progrès en progrès, il allait se surpasser lui-même et se placer au premier rang des Physiciens.

On connaissait depuis longtemps les actions physico-chimiques de la lumière ordinaire ou visible. Les rayons rouges, à vibrations lentes, agissent faiblement, les rayons violets sont plus actifs. Avec les rayons ultraviolets invisibles de la lampe à vapeur de mercure à enveloppe de quartz, Daniel Berthelot a découvert de nombreux phénomènes du plus haut intérêt dont il a poursuivi méthodiquement les conséquences, tantôt seul, tantôt en collaboration avec M. Gaudechon.

En exposant aux rayons ultraviolets dans un ballon de quartz un mélange de vapeur d'eau et d'acide carbonique, ceux-ci se dissocient; le premier gaz se dédouble en oxygène et en hydrogène, le second en oxygène et en oxyde de carbone. Puis, dans le mélange, l'oxyde de carbone et l'hydrogène disparaissent à volumes égaux pour donner naissance à l'aldéhyde formique, le plus simple des composés ternaires (C, O, H); l'aldéhyde formique peut se condenser et se polymériser, il est le point de départ des sucres végétaux, des amidons, des celluloses.

A cette formation directe d'un composé ternaire, à la température ordi-

naire, sous l'action des rayons ultraviolets Daniel Berthelot a fait succéder la formation du plus simple des composés quaternaires (Az, C, O, H), l'amide formique. De l'oxyde de carbone et du gaz ammoniac étant cette fois enfermés dans un ballon de quartz et irradiés, les deux gaz disparaissent à volumes égaux et un dépôt huileux d'amide formique tapisse les parois du ballon. L'amide formique représente le point de départ des substances albuminoïdes qui constituent la base de la matière vivante.

Ce que la fonction chlorophyllienne produisait seule chez les plantes, sous l'action du soleil, depuis des temps géologiques, Daniel Berthelot l'a reproduit dans son laboratoire au moyen des rayons ultraviolets.

Par ces deux synthèses fondamentales, Daniel Berthelot avait rejoint Marcelin Berthelot : fils digne d'envie, il prolongeait la vie de son père.

Il y réussit encore par de nouvelles synthèses, par de nouvelles réactions au moyen des mêmes irradiations : production de corps qui n'avaient pas encore été obtenus par les réactions purement chimiques, réactions d'oxydation, réactions de polymérisation, reproductions des principaux types de la fermentation, interprétation dynamique du rôle des diastases. Nous renonçons à le suivre dans toutes ses *photosynthèses*, pour passer à sa *photolyse*, ou décomposition par la lumière, qui paraît plus générale que l'électrolyse, décomposition par l'électricité.

La photolyse suit des lois déterminées comme l'électrolyse et l'on voit en particulier les dégagements gazeux caractérisés par des rapports volumétriques aussi simples que ceux de l'électrolyse.

C'est ainsi que les sucres cétoniques, tels que le lévulose, dégagent de l'oxyde de carbone pur ; les sucres aldéhydiques, tels que le glucose, dégagent deux volumes d'oxyde de carbone pour un d'hydrogène ; les sucres purement alcooliques ou polyols, tels que la mannite, dégagent des volumes égaux d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

L'amour de la science qui avait inspiré Daniel Berthelot nous l'avait donné, mais ne nous l'avait pas donné tout entier !

Attiré, comme nous, vers les sommets sublimes, il savait, dans les hauteurs, après avoir fait son tour d'horizon et mesuré son altitude, reporter son regard vers les nuages qui se formaient sous lui et grondaient au bas de la montagne. Il voyait avec peine que la plupart des occupations qui font pour nous le prix et la beauté de l'existence étaient indifférentes à la foule, que sa mentalité n'était pas la nôtre, et lorsqu'il descendait des sommets lumineux, il s'efforçait de répandre autour de lui la douce lumière des cimes. Il diffusait la lumière, toute la lumière. Il la faisait

pénétrer dans les milieux les plus variés, avec un talent toujours soutenu : Le savant devenait alors, tour à tour, apôtre convaincu, philosophe profond, professeur érudit, vulgarisateur écouté, écrivain achevé, causeur délicieux, captivant souvent, séduisant toujours. Il savait aussi bien se pencher vers la terre, que conseiller son pays dans les branches les plus variées de l'industrie nationale.

Il semblait que le vaste domaine où il lui plaisait se mouvoir n'eût pas plus de limites que son activité : il y progressait sans hésitations, sans rien laisser au hasard, tantôt à pas mesurés, entre les semis de questions scientifiques et de questions sociales, ou par bonds puissants, quand il passait du champ de la Physique à celui de la Chimie ou de la Biologie, comme en 1910 dans son laboratoire de Physique végétale de Meudon.

Daniel Berthelot a conçu la beauté de la recherche désintéressée et il l'a poursuivie. Spectateur émerveillé, il a consacré le meilleur de ses réflexions à comprendre les forces de la Nature, à les mesurer, à les prévoir, jusqu'au jour où il osa enfin les défier en un *concours créateur*, où il les égala. Cet effort est sa noblesse, il donne la mesure de la grandeur de notre regretté confrère.

GÉOLOGIE. — *Que la série cristallophyllienne de la Vanoise et du Mont-Pourri (Alpes de Savoie) est bien d'âge permien ou carbonifère.* Note de M. **Pierre Termier.**

J'ai, en 1891 (¹), attribué au Permo-Houiller l'ensemble des terrains métamorphiques qui, de Modane, au Sud, jusqu'à Villaroger près de Bourg-Saint-Maurice au Nord, forment l'ossature principale des hauts massifs de la Vanoise, de la Becca-Motta, de l'Aiguille-du-Midi et du Mont-Pourri. Déjà en 1861, Lachat avait dit que les roches feldspathiques et chloriteuses de Modane sont du Houiller métamorphique ; il avait vu ce faciès cristallin du Houiller se prolonger au Nord vers le col de Chavière ; il l'avait suivi jusqu'au col d'Aussois et s'était demandé si tous les gneiss et micaschistes de la Vanoise n'étaient pas la suite, de plus en plus cristalline, de la même bande de Houiller. L'opinion de Lachat, trop hardie pour l'époque, n'avait rallié aucun suffrage. En 1888 M. D. Zaccagna avait assimilé les schistes

(¹) Pierre Termier, *Étude sur la constitution géologique du massif de la Vanoise* (*Bull. des Serv. de la Carte géolog. de la France*, 2, 1890-1891, p. 367-509).

micacés et feldspathiques de Modane et ceux de Bozel en Tarentaise au Permien métamorphique des Alpes maritimes italiennes ; mais, même après la publication de mon Mémoire de 1891, il s'était refusé à étendre cette assimilation aux micaschistes et aux gneiss de la Vanoise et il continuait de regarder ceux-ci comme prépaléozoïques.

Mes arguments de 1891 étaient de deux sortes : d'abord la constatation d'un graduel *passage latéral* des terrains cristallins, hautement métamorphiques, du glacier de la Vanoise et des gorges du Doron d'Entre-deux-Eaux, à des terrains moins cristallins, semi-métamorphiques, et de ceux-ci au Permien et au Houiller détritiques et point du tout métamorphiques des massifs de Polset et de Péclet ; en second lieu la *superposition* indéniable, à Laisonnay, au nord de la Becca-Motta, sur la rive droite du Doron de Champagny, du terrain métamorphique à des assises houillères très peu cristallines et renfermant de l'anthracite.

Ce deuxième argument, qui me paraissait en 1891 une preuve sans réplique, a perdu sa valeur depuis que nous savons, à n'en pas douter, que tout le pays en question est un *pays de nappes*. En pays de nappes, la *superposition* peut être anormale et résulter du charriage : c'est ce que j'ai fait observer en 1907 (¹). L'âge permien ou carbonifère des terrains cristallophylliens de la Vanoise et du Mont-Pourri ne résulte plus que de leur *passage latéral* à du Permien détritique ou à du Houiller détritique.

De ce *passage latéral*, je n'ai jamais douté ; mais, depuis quelques années, et surtout depuis la publication de deux Notes de Jean Boussac (²) tendant à faire de la Vanoise et du Mont-Pourri une nappe spéciale, quelques doutes à ce sujet se sont glissés dans l'esprit de plusieurs géologues (³). Il fallait donc de nouvelles observations. Elles ont été faites, en 1925 et 1926, sur ma demande et sous mon contrôle, par MM. E. Raguin et L. Neltner. J'ai visité moi-même en compagnie de M. Raguin les environs immédiats de Modane. M. Neltner a pris pour champs d'étude les régions les plus

---

(¹) PIERRE TERMIER, *Sur la nécessité d'une nouvelle interprétation de la tectonique des Alpes franco-italiennes* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, **7**, 1907, p. 185). La première démonstration précise du charriage général de cette région alpine est sortie des travaux de MM. Lugeon et Argand sur les Alpes piémontaises (1905) ; nous l'avons confirmée, W. Kilian et moi, par toute une série d'observations et de discussions, de 1905 à 1921.

(²) JEAN BOUSSAC, *Comptes rendus*, **157**, 1913, p. 658, et **163**, 1916, p. 708.

(³) EM. HAUG, *Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, **25**, 1925, p. 106).

élevées : le massif du Mont-Pourri, et particulièrement son versant occidental entre le Mont-Thuria et l'Aiguille Grive; la haute crête de la Vanoise, prolongée au Sud, par le col d'Aussois, jusqu'au Rateau. Voici le résumé de toutes ces observations récentes.

1° Il n'est pas douteux que, sur le versant occidental de la Vanoise, entre le col d'Aussois et le Roc du Pommier-Blanc, il n'y ait, dans les assises, d'apparence générale métamorphique, situées sous le Trias, mélange ou alternance de termes déjà très cristallins et de termes où le caractère détritique n'est pas complètement effacé. La zone en question est une zone semi-métamorphique. L'accroissement du métamorphique y est rapide quand on la traverse de l'Ouest à l'Est, en s'élevant vers la haute crête de la Vanoise. Le critérium de cet accroissement est triple : disparition du contour détritique des galets de quartz par développement autour d'eux de quartz chevelu; naissance de cristaux secondaires, tourmaline, feldspaths, zoïsite, actinote, sphène, glaucophane; large développement des cristaux de mica, qui tendent à prendre, dans chaque feuillet, une orientation unique. La zone semi-métamorphique comprend Roche-Chevrière, la crête du col d'Aussois et la Pointe-de-l'Échelle. La zone très métamorphique, caractérisée par de vrais gneiss, se prolonge, au Sud, à travers le cirque de la Seteria, jusqu'au Rateau. Nulle part, il n'y a le moindre indice d'un contact anormal entre la zone semi-métamorphique et la zone très cristalline. Au voisinage du col d'Aussois, la première contient des termes d'aspect nettement détritique, renfermant parfois de petits galets rouges ou violets comme les poudingues du Permien : c'est du *verrucano* certain, mais déjà riche en minéraux secondaires.

2° La zone semi-métamorphique que je viens de définir se retrouve de l'autre côté du col de Chavière et forme une bande qui court, du Nord au Sud, de la Pointe-des-Fonds jusqu'à la vallée de l'Arc, à la base du massif de Polset. Mais elle est, d'une façon générale, plus chargée, ici, de types détritiques, ayant l'aspect du *verrucano*, que dans la région du col d'Aussois. A ces types nettement détritiques s'associent cependant des termes très feldspathiques, fort semblables à des gneiss. Rares dans les environs du col de Chavière, les roches feldspathiques (souvent à gros noyaux de feldspath) deviennent très abondantes, et même prépondérantes, dans la montagne du Sappey qui domine Fourneaux : ce sont les *gneiss de Modane*, signalés par Lachat. On peut croire qu'ils sont le prolongement, par-dessous le Trias du vallon de Loutraz, de la zone très métamorphique suivie par M. Neltner jusqu'au Rateau.

3° C'est au prolongement vers le Nord de la zone semi-métamorphique qu'il faut attribuer les assises plus ou moins cristallines qui forment les massifs de la Becca-Motta, de l'Aiguille-du-Midi et du Mont-Pourri. Il y a cependant quelques amphibolites à glaucophane dans le versant nord de la Becca-Motta et dans le versant est du Mont-Pourri; mais la cristallinité est, d'une façon générale, moins complète dans ces massifs que dans la haute région de la Vanoise. A l'ouest du Thuria, aux environs du col de la Chale, des assises à feldspath et d'autres à actinote s'associent à des schistes d'aspect houiller et à des grès et poudingues nettement détritiques.

4° Il est manifeste que les deux zones, celle que j'appelle *semi-métamorphique* et celle que j'appelle *très métamorphique*, ne sont point deux entités géologiques différentes. Elles ne sont que deux aspects divers d'un même terrain, suivant le degré de métamorphisme. Aucune transition brusque n'existe entre ces deux aspects; on passe graduellement de l'un à l'autre. Tectoniquement, la zone très métamorphique est située *sous* la zone semi-métamorphique : celle-ci recouvre celle-là. Mais il n'y a pas de démarcation précise entre elles.

5° A l'aval de Modane, entre Fourneaux et Saint-André, ainsi que Lachat l'a observé il y a près de 70 ans, le passage est indéniable, de la zone semi-métamorphique au terrain houiller bien caractérisé. De même, dans les escarpements orientaux de Polset, la zone semi-métamorphique, encore très cristalline près du col de Chavière, passe peu à peu à un terrain de grès, schistes et poudingues, parfois bariolé, qui est le *verrucano*, ou le Permien de la région. De même encore dans la haute Tarentaise, au pied du Mont-Pourri, entre les Brévières et la Gurra, la séparation du Houiller détritique, pas du tout cristallin, et du terrain semi-métamorphique, est impossible ou illusoire.

6° La variation, souvent rapide, dans le degré du métamorphisme, tient certainement pour une très forte part, à la nature originelle des assises, à leur teneur originelle en alcalis et en magnésie. Beaucoup de ces assises, surtout dans la zone très métamorphique, ont dû être, autrefois, des tufs, des cinérites, des coulées volcaniques. La fréquence de la tourmaline, un peu partout, semble toutefois indiquer un apport d'origine profonde, comme de vapeurs riches en acide borique; peut-être ces vapeurs ont-elles contribué à l'enrichissement de la masse en magnésie et en alcalis.

Il me paraît donc définitivement démontré que les terrains métamorphiques de la Vanoise, de la Becca-Motta, de l'Aiguille-du-Midi et du Mont-Pourri, sont d'âge permien ou carbonifère. On ne peut d'ailleurs faire le

départ, dans cet ensemble cristallophyllien, de ce qui revient au Permien et de ce qui revient au Houiller; l'épithète *permo-houiller* est la seule qui convienne, dès que l'on sort des régions où l'origine détritique est encore visible.

Cette conclusion d'âge, admise en France depuis 1891, s'étend indubitablement aux *schistes de Casanna* du Piémont et de la Suisse, et probablement aussi à la plus grande partie des terrains cristallophylliens du Piémont (Val Grisanche, Levanna et Grand-Paradis, massifs d'Ambin et de Dora-Maira). Il est cependant possible que, dans les massifs piémontais, les parties très profondes représentent, à l'état cristallophyllien, des terrains primaires antérieurs au Houiller : mais la chose n'est pas vérifiable.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence du sodium chez les plantes.* Note [1] de MM. **Gabriel Bertrand** et **J. Perietzeanu.**

Tous les biochimistes et les phytophysiologistes sont d'accord pour reconnaître le rôle indispensable du potassium dans le développement normal des plantes. En effet, ce métal existe dans toutes les espèces végétales, dans tous les organes de ces espèces, et, d'autre part, il est impossible d'obtenir une récolte appréciable, par culture en milieu synthétique, en l'absence de potassium.

On est loin d'être aussi bien fixé au sujet du sodium. On ignore même si cet élément existe d'une manière constante dans les tissus des végétaux. Au début du siècle dernier, quand on a commencé à s'apercevoir de l'importance des matières minérales dans la vie des plantes, on a admis, en se basant sur les analogies physico-chimiques du potassium et du sodium, que les deux métaux alcalins devaient se rencontrer dans les espèces végétales et y remplir les mêmes fonctions. Il faut ajouter qu'à cette époque, faute d'une autre méthode d'analyse, on déterminait en bloc les deux métaux dans les cendres, comme on le voit dans un Mémoire de Berthier [2], en retranchant du poids total la somme des autres substances que l'on savait évaluer. Cette méthode n'était pas susceptible de confirmer ou d'infirmer la présence concomitante du potassium et du sodium dans les plantes.

On s'est avisé ensuite d'apprécier les proportions des deux métaux alcalins en les transformant, soit en chlorures, soit en sulfates, en dosant l'acide

(1) Séance du 7 mars 1927.
(2) *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, **32**, 1826, p. 240.

combiné et en calculant, d'après le chiffre trouvé, combien il devait y avoir de potassium et de sodium dans le mélange salin. Cette méthode indirecte pouvait déjà fournir des résultats assez approchés quand il y avait des proportions notables de potassium et de sodium, mais elle ne valait absolument rien lorsqu'un des métaux existait seulement en petite proportion par rapport à l'autre. C'est ainsi que la difficulté d'éliminer les dernières traces de magnésium et de calcium, la volatilité des chlorures et leur décomposition par la vapeur d'eau à la température du rouge, tendaient à augmenter la proportion calculée de sodium, parfois même à faire trouver ce métal quand il n'y en avait pas. Inversement, la résistance des bisulfates alcalins à passer à l'état de sels neutres conduisait dans certains cas, en exagérant la proportion du potassium, à calculer des quantités négatives de sodium.

L'introduction du dosage direct du potassium dans les cendres végétales n'a pas amélioré beaucoup la question du sodium : continuant à rechercher et à doser ce dernier par différence, on n'avait toujours devant soi, à la fin de l'analyse, que la somme des erreurs, en plus et en moins, inhérentes aux méthodes mises en œuvre.

Il n'est pas surprenant, dans ces conditions, que divers observateurs soient arrivés à des conclusions divergentes touchant la proportion et même la présence du sodium dans les cendres végétales.

Péligot s'est élevé avec juste raison, en 1867, contre cette manière d'étudier la question du sodium chez les plantes. N'admettant l'existence du sodium dans une cendre végétale que lorsqu'elle y avait été directement démontrée, notamment par la cristallisation différente et très caractéristique des deux sulfates alcalins, dont l'un est anhydre et l'autre efflorescent, il est arrivé à cette conclusion « que la cendre fournie par l'incinération de la plupart des végétaux est exempte de sodium ».

C'est ainsi qu'il n'en a pas trouvé dans les produits suivants : le blé (grain et paille, examinés séparément); l'avoine (id.); la pomme de terre (tubercules et tiges); les bois de chêne et de charme; les feuilles de tabac, de mûrier, de pivoine, de ricin; les haricots; le souci des vignes; la pariétaire; la *Gypsophila pubescens;* le panais (feuilles et racines). Il en a vainement cherché, enfin, dans le *Chenopodium quinoa* et dans les épinards, plantes voisines de l'arroche, de l'*Atriplex hasta,* du *Chenopodium murale*, de la tétragone et de la betterave, dont les cendres « renferment une quantité notable de soude » [1].

Au point de vue qualitatif, la méthode de Péligot donnait des résultats

(1) *Comptes rendus*, 65, 1867, p. 729.

certains chaque fois qu'il y avait suffisamment de sodium, mais elle n'était pas assez sensible pour déceler de petites quantités du même métal en présence de beaucoup de potassium. Au point de vue quantitatif, elle était pour ainsi dire sans valeur.

Ces considérations nous ont engagés à reprendre l'étude de la question à l'aide d'une méthode directe de séparation du sodium.

Parmi les méthodes que nous avons essayées, celle qui nous a donné les meilleurs résultats repose sur la réaction de Streng, c'est-à-dire sur la précipitation de l'acétate triple d'uranyle, de magnésium et de sodium (¹). En suivant, à très peu près, la technique mise au point par Blanchetière (²), nous avons réussi à doser des quantités aussi petites que $0^{mg},25$ à $2^{mg},50$ de sodium à environ $0^{mg},01$ près, même en présence d'une quantité assez importante de potassium.

Nous avons toujours pris la précaution de laver à l'eau distillée, rapidement mais à plusieurs reprises, les plantes ou parties de plantes que nous voulions analyser, afin de les débarrasser des poussières déposées à leur surface, poussières pouvant, d'après une observation de Péligot (³), renfermer du sodium. Nous enlevions l'eau de lavage en pressant légèrement entre des feuilles de papier à filtre et nous pesions pour avoir le poids de la matière fraîche. Les échantillons étaient ensuite séchés à $+100^{\circ}$, jusqu'à poids constant. Pour déterminer les cendres, nous avons opéré dans une capsule de platine, au four à moufle, à la température du rouge à peine visible, avec éloignement temporaire des sels solubles aussitôt la carbonisation réalisée, comme cela se pratique dans la méthode en deux temps.

Pour le dosage du sodium, un volume connu (en général 10^{cm^3}) de la solution aqueuse des cendres a été neutralisé par l'acide acétique, débarrassé de son acide phosphorique à la centrifuge par l'acétate d'urane et précipité, dans une capsule de quartz, par le réactif de Streng. Les cristaux de l'acétate triple ont été recueillis sur un filtre d'amiante, lavés et séchés à $+110^{\circ}$, selon la technique rappelée plus haut. Ils renferment alors 1,655 pour 100 de leur poids de sodium.

(¹) *Zeitsch. anal. Chem.*, **23**, 1884, p. 115; et *Chem. Cent.*, 1886, p. 488.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **33**, 1923, p. 807.
(³) *Comptes rendus*, **69**, 1869, p. 1269.

Plantes ou parties de plantes analysées.	Teneur en sodium pour 100 de Mat. fr.	Mat. séc.	Cendres.
Marronnier (*Æsc. hipp.* L.) (fruits)	0,0008	0,0017	0,071
Fusain du Japon (*Evon. jap.*) (feuilles)	0,0007	0,0023	0,016
Lilas (*Syr. vulg.* L.) (feuilles)	0,0008	0,0027	0,024
Troène (*Lig. vulg.* L.) (rameaux feuillus)	0,0007	0,0030	0,037
Lierre (*Hed. hel.* L.) (feuilles)	0,0010	0,0032	0,030
Sureau (*Samb. nig.* L.) (feuilles)	0,0007	0,0034	0,024
Poirier (*Pyr. comm.* L.) (feuilles)	0,0014	0,0034	0,027
Mûrier blanc (*Mor. alb.* L.) (feuilles)	0,0007	0,0035	0,036
Chélidoine (*Chel. maj.* L.) (partie aérienne)	0,0007	0,0039	0,036
Achillée (*Ach. mill.* L.) (partie aérienne)	0,0006	0,0061	0,036
Aucuba (*Auc. jap.*) (feuilles)	0,0015	0,0064	0,095
Luzerne (*Med. sat.* L.) (partie aérienne)	0,0012	0,0066	0,057
Marronnier (*Æsc. hipp.* L.) (feuilles)	0,0021	0,0070	0,056
Ortie (*Urt. ur.* L.) (partie aérienne)	0,0012	0,0080	0,034
Haricot (*Phas. vulg.* L.) (feuilles)	0,0012	0,0091	0,050
If (*Tax. bacc.* L.) (rameaux feuillus)	0,0032	0,0108	0,135
Iris (*Ir. germ.* L.) (feuilles)	0,0017	0,0149	0,108
Ulva lactuca L.	0,0062	0,0315	0,154
Rhodynemia palmata L.	0,0054	0,0372	0,485
Maïs (*Zea mays* L.) (tiges)	0,0050	0,0393	0,356
» » (racines)	0,0070	0,0413	0,591
» » (graines)	0,0180	0,0414	1,962
» » (feuilles)	0,0093	0,0438	0,240
Paturin (*Poa prat.* L.) (partie aérienne)	0,0138	0,0770	0,663
Tabac (*Nic. rust.* L.) (partie aérienne)	0,0129	0,1897	0,839
Scorzonère (*Sc. hisp.* L.) (partie aérienne)	0,0228	0,2607	1,274
Chardon (*Circ. arv.* Scop.) (partie aérienne)	0,0250	0,2941	1,363
Plantain (*Plant. maj.* L.) (feuilles)	0,0464	0,3314	2,374
Chou (*Brass. ol.* L.) (feuilles)	0,0360	0,3813	2,092
Laminaria saccharina L.	0,0441	0,5757	3,264
Tabac (*Nic. rust.* L.) (feuilles)	0,0382	0,5823	2,331
Mauve (*Malv. rot.* L.) (partie aérienne)	0,1085	0,6729	3,687
Pelvetia canaliculata Dec. et Thur.	0,3644	1,5183	8,221
Zostère (*Zost. mar.* L.) (tiges feuillues)	0,5471	3,5070	16,782

Les dosages ont porté sur 35 plantes ou parties de plantes dont plusieurs ont été choisies parmi celles qui avaient été signalées comme exemptes de sodium. Dans toutes, comme on le voit en examinant le tableau ci-dessus, nous avons trouvé des proportions dosables du métal alcalin. Ces proportions varient d'ailleurs beaucoup d'une espèce à une autre, dans un rapport qui oscille de 1 à plus de 1000 dans les échantillons que nous

avons analysés. Les chiffres extrêmes vont, en effet : *pour la matière fraîche*, de 0,0006 pour 100 (Achillée, partie aérienne) à 0,547 pour 100 (Zostère, feuilles); *pour la matière sèche*, de 0,0013 pour 100 (Marronnier, fruit) à 3,507 pour 100 (Zostère); et, *pour les cendres*, de 0,016 pour 100 (Fusain du Japon, feuilles) à 16,78 pour 100 (Zostère).

Il semble, d'après ces premiers résultats, que le sodium existe chez toutes les plantes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence de la dessiccation et de l'échauffement des sols agricoles sur leur teneur en acide phosphorique soluble à l'eau.* Note de MM. **A.-Th. Schlœsing** et **Désiré Leroux**.

Dans une série de Notes d'un grand intérêt ([1]), M. Lebediantzeff a mis en évidence le fait remarquable de l'accroissement de la fertilité des sols agricoles sous l'influence de leur dessiccation et de leur échauffement au soleil. Il a constaté par l'analyse une augmentation de divers principes fertilisants assimilables chez les sols ayant subi la dessiccation et l'échauffement. Parmi ces principes, il faut citer l'acide phosphorique. M. Lebediantzeff l'a dosé en faisant digérer le sol pendant une demi-heure avec 5 fois son poids d'eau distillée, puis déterminant l'acide dissous dans le liquide, il a trouvé plus d'acide phosphorique dans le liquide d'un sol séché que dans celui du même sol non séché.

Nous avons repris la détermination de l'acide phosphorique en nous plaçant à un point de vue particulier.

Des expériences déjà anciennes de l'un de nous ([2]) l'ont conduit à conclure au grand rôle joué dans la nutrition minérale des plantes par les dissolutions, même infiniment diluées, qui imprègnent le sol. Certains principes fertilisants, existant dans ces dissolutions aux doses minimes de l'ordre du millionième ou d'un ordre encore moindre, n'y ont qu'une rareté apparente, parce qu'ils s'y renouvellent incessamment à mesure que les racines les absorbent. Il en est notamment ainsi pour l'acide phosphorique. Livré progressivement à l'eau par des composés extrêmement peu solubles du sol, il peut, au cours d'une campagne, véhiculé par cette eau, apporter

([1]) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 793, 960, 1091 et 1381.

([2]) *Comptes rendus*, **127**, 1898, p. 236, 327 et 820; **130**, 1900, p. 422; **132**, 1901, p. 1189; **134**, 1902, p. 53 et 1383; **137**, 1903, p. 1206.

aux plantes une grande partie, parfois la totalité du phosphore qu'elles assimilent. Le stock de cet acide susceptible de se dissoudre, que renferme un sol, est tout à fait digne d'attention.

Il nous a paru spécialement intéressant de rechercher les variations de ce stock qu'entraînent la dessiccation et l'échauffement du sol.

La terre expérimentée est divisée en deux portions semblables. L'une est séchée soit au soleil, soit à l'étuve; l'autre ne subit pas ce traitement. On soumet ensuite les deux portions à un lavage méthodique par l'eau dans la vue d'en extraire la plus grande partie de l'acide phosphorique soluble. Le lavage est pratiqué dans des conditions identiques pour les deux portions au moyen d'un appareil faisant passer automatiquement et d'une façon continue sur chacune d'elles, complètement immergée, un volume constant de liquide, de 4^l en 24 heures.

Chaque portion de terre est étalée en une mince couche horizontale au fond d'une cloche à douille renversée, sur un lit de sable inerte. Le liquide employé au lavage consiste en eau distillée bouillie, additionnée par litre de 80^{mg} de chaux, CaO, introduits à l'état de nitrate pur; la présence de cette chaux, d'ailleurs habituelle dans les dissolutions naturelles, permet d'obtenir des liquides d'une parfaite limpidité après passage sur la terre.

On recueille le liquide sortant de chaque cloche par lots successifs de 8^l, où l'on dose l'acide phosphorique à l'état de phosphomolybdate d'ammonium [on a fréquemment vérifié le dosage par transformation de ce dernier sel en phosphomolybdate de baryum, en mettant à profit les indications de M. Posternak ([1])]. Les dosages sont prolongés jusqu'à ce qu'ils fournissent deux résultats égaux pour la terre séchée et la terre non séchée, ce qui suffit pour établir les différences cherchées qu'on va voir, si l'on admet, comme il est permis, que les deux terres donnent ensuite des chiffres deux à deux égaux.

Nous résumons ci-après les conditions et les résultats des expériences :

I Juin-juillet 1924 ([2]). — Terre de Dangu (Eure), prise entre 10 et 25^{cm} de profondeur, passée à travers tamis à mailles de 5^{mm}. Calcaire, 6,6 pour 100. Poids de terre lavée correspondant à 100^g de terre sèche.

([1]) *Bulletin de la Société chimique*, 27, 1920, p. 564.

([2]) Avec le concours de Mlle Simone Rousseau.

P^2O^5 *extrait, rapporté à* 1kg *de terre sèche.*

	Terre séchée ([1]).	Terre non séchée.
	mg	mg
1er lot	**28,3** ([2])	**25,6**
2e »	**20,1**	**15,0**
3e »	**11,3**	**9,6**
4e »	10,8	9,2
5e »	10,5	8,8
6e »	**10,2**	**8,4**
7e »	9,5	»
8e »	9,0	»
9e »	8,4	»
	118,1	76,6
	41mg,5	

II. 1925-1927. — Terre de Villepreux (Seine-et-Oise), prise entre 15 et 25cm de profondeur. Calcaire 0,32 pour 100.

P^2O^5 *extrait, rapporté à* 1kg *de terre sèche.*

	Échantillon lavé 100g.		Échantillon lavé 50g.		Échantillon lavé 20g.	
	Terre séchée ([3]).	Terre non séchée.	Terre séchée ([4]).	Terre non séchée.	Terre séchée ([5]).	Terre non séchée.
	mg	mg	mg	mg	mg	mg
1er lot	**17,3**	**11,5**	**21,8**	**14,8**	**35,4**	**27,8**
2e »	**10,1**	**7,4**	**18,1**	**11,8**	**18,5**	**16,0**
3e »	8,5	6,5	**13,5**	**9,4**	13,9	12,7
4e »	7,6	6,0	12,0	8,0	**11,9**	11,3
5e »	7,0	5,7	10,5	7,0	10,6	10,1
6e »	**6,4**	**5,3**	9,1	6,2	9,6	9,3
7e »	5,8	»	7,7	5,5	**9,1**	**8,9**
8e »	5,3	»	6,6	4,7	8,9	»
9e »	»	»	5,7	4,1	»	»
10e »	»	»	**4,8**	**3,5**	»	»
11e »	»	»	4,2	»	»	»
12e »	»	»	3,6	»	»	»
13e »	»	»	»	»	»	»
14e »	**(3,2)** ([6])	»	»	»	»	»
15e »	»	»	**(2,3)** ([7])	»	»	»
	68,0	42,4	117,6	75,0	117,9	96,1
	25,6		42,6		21,8	

([1]) Séchée deux fois au soleil, d'environ 15 à 2 pour 100 d'humidité.

([2]) Les nombres en caractères gras représentent des dosages réellement faits; les autres sont déduits, avec une approximation largement suffisante, de courbes construites au moyen des premiers.

([3]) Séchée à l'étuve trois fois à 42° en octobre-novembre 1926; lavage en février 1926.

([4]) Séchée quatre fois à 38°,5 en octobre 1926; lavage en octobre-novembre 1926.

([5]) Séchée quatre fois à 37-39° en janvier 1927; lavage en janvier-février 1927.

([6]) Chiffre non compté dans la somme et utilisé seulement pour l'interpolation entre les 6e et 14e lots.

([7]) Chiffre non compté dans la somme et utilisé seulement pour l'interpolation entre les 10e et 15e lots.

Les différences 41,5, 25,6, 42,6 et $21^{mg},8$, rapportées aux 3 millions de kilogrammes de terre d'un hectare, donneraient des accroissements du stock d'acide phosphorique soluble de l'ordre de 124, 77, 128 et 65^{kg}, très importants relativement aux besoins des récoltes.

Pour comparaison avec notre procédé ci-dessus d'extraction méthodique de l'acide phosphorique soluble, nous avons exécuté sur la terre séchée et non séchée de l'expérience de janvier-février 1927, le procédé expéditif et pratique suivi par M. Lebediantzeff (en ajoutant à l'eau 80^{mg} de CaO par litre); nous avons trouvé comme P^2O^5 dissous, pour 1^{kg} de terre : terre séchée, $1^{mg},9$; terre non séchée, $1^{mg},5$; différence $0^{mg},4$, soit à l'hectare $1^{kg},2$ ou 50 fois moins que par le lavage méthodique (65^{kg}).

Ce dernier procédé donne assurément une beaucoup plus juste idée de l'accroissement, dû à la dessiccation et à l'échauffement, du stock d'acide phosphorique soluble, si utile aux racines.

Toutefois il faut noter que cette utilité n'est pas seulement fonction de la grandeur absolue du stock, mais aussi de la vitesse avec laquelle il se dissout, c'est-à-dire de la quantité d'acide phosphorique dissous qu'il peut fournir durant une campagne de végétation. Dans les résultats de l'extraction méthodique par l'eau, cette vitesse n'intervient pas. Au contraire, dans les procédés d'extraction par courte digestion de la terre avec l'eau, elle peut jouer son rôle; car ce sont les phosphates le plus rapidement solubles qui se dissolvent. Ces procédés conservent donc de l'intérêt, surtout si l'on en tire, selon les recherches de M. Antonin Němec [1], des renseignements exacts sur les besoins des terres en engrais phosphatés.

En résumé, nous avons étendu à des terres autres que le tchernozem étudié par M. Lebediantzeff cette propriété que l'acide phosphorique soluble s'y accroît par la dessiccation et l'échauffement. Nous donnons en même temps un moyen de mesurer l'ordre de grandeur véritable de cet accroissement, moyen reposant sur un lavage méthodique des terres qui les dépouille de leur acide phosphorique soluble à un degré incomparablement plus avancé que la simple digestion dans l'eau telle qu'elle est pratiquée.

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 314 et 1295.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante. Celle-ci est-elle chaude ou froide?* Note (1) de M. E. MATHIAS.

1. *Exemple d'une foudre sphérique « chaude ».* — Le 17 août 1867, vers 18h, pendant qu'à Rome il éclairait et pleuvait diluviennement, le fermier des sœurs de saint Dorothée, sur le Janicule, vit un globe de feu passer entre les verges de fer qui ferment l'entrée postérieure dans le fond du jardin et parcourir, à petite distance du sol, toute l'allée longue de 90m bordée de murs revêtus de plantes. Arrivé dans la cour, carré de 14m de côté, le globe éclata horriblement à environ 5m d'une statue de marbre de la Vierge, placée presque au centre. L'explosion dut se produire avec un grand épanchement de flammes, parce que, non seulement la cour, mais tout le vaste édifice jusqu'à la façade extérieure semblèrent envahis par un colossal incendie. Mme Frassinetti, qui fermait la fenêtre d'une façade éloignée et opposée à la cour, écrivait peu après : « J'ai vu un grand feu, *j'ai senti la chaleur.* » La sœur Elisabeth Tiberi qui, au rez-de-chaussée, était en face le point d'explosion, assura au professeur Galli que *le globe avait le diamètre d'environ 1m, qu'il ne diffusait pas d'odeur*, ni ne donnait de secousse, *qu'on ne trouva aucun signe de dommage ou de brûlure sur la statue, sur les murs, sur les fenêtres, pas plus que sur les diverses plantes à fleurs et plantes fourragères au milieu et autour de la cour* (2).

Ce qui précède prouve qu'il s'agit d'une matière fulminante *pure.* En effet, elle n'a pas d'odeur et elle ne dégage ni vapeur d'eau, ni noir de fumée; on comprend qu'elle n'ait pas sali la statue de la Vierge. Par contre, elle donne la sensation de chaleur à grande distance.

L'absence de brûlure sur les plantes, dont la substance contient des masses énormes d'eau, peut provenir d'un effet de caléfaction; d'autre part, la forte détente des gaz qui explosent doit abaisser singulièrement leur température, et l'on ne doit pas s'étonner que le marbre de la statue n'ait subi de ce chef aucune altération.

2. *Autre exemple.* — Vers midi du 20 juillet 1885, à Velletri près de Rome, avant que fussent commencées la pluie et la grêle, un globe rouge

(1) Séance du 7 mars 1926.

(2) IGNAZIO GALLI, *Effetti dei Fulmini globulari sugli alberi e sulle erbe*, § 1, p. 2 et 3 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 1re série, 31, 1913).

d'environ 15^{cm} de diamètre entra, par une fenêtre ouverte, au premier étage du palais Graziosi, aborda lentement à la joue gauche d'une jeune fille placée en face de cette fenêtre, retourna subitement en arrière et disparut sans tonnerre. La jeune fille reçut sur la joue seulement *un souffle chaud*, en demeurant éblouie et abasourdie; aucune secousse, aucune piqûre d'étincelle [1].

Comme précédemment, il s'agit d'une matière fulminante *pure*, sans odeur ni électrisation, et qui disparaît sans tonnerre.

3. Bien que la matière fulminante soit incandescente, ce n'est pas sans surprise que l'on voit dans la littérature scientifique des affirmations comme celle-ci : « Parfois, les éclairs en boule rayonnent une chaleur sensible, parfois, au contraire, aucune » [2].

C'est dans le second cas que l'on a pu parler de globes « froids ».

Exemples de globes « froids ». — Le plus bel exemple est celui dont Babinet fit à l'Académie des Sciences un récit [3], qui figure aujourd'hui dans les Traités classiques [4] et qui se rapporte au tailleur de la rue Saint-Jacques, dans la chambre duquel le tonnerre en boule descendit pour remonter ensuite. « Après un assez fort coup de tonnerre,... cet ouvrier... vit tout à coup le châssis garni de papier qui fermait la cheminée s'abattre comme renversé par un coup de vent assez modéré, et un globe de feu gros comme la tête d'un enfant sortir tout doucement de la cheminée, et se promener lentement par la chambre à peu de hauteur au-dessus des briques du pavé..... Le globe de feu *était plutôt brillant et lumineux qu'il ne semblait chaud et enflammé, et l'ouvrier n'eut aucune sensation de chaleur*..... Le tonnerre, arrivé en haut de la cheminée... produisit *une explosion épouvantable* qui détruisit une partie du faîte de la cheminée. »

Autre exemple. — Le dimanche 19 août 1900, plusieurs personnes étaient réunies dans un salon du château du baron de France, à Maintenay (Pas-de-Calais), au moment où un violent orage éclatait sur le pays. Tout à coup, apparut, au milieu des onze personnes qui se trouvaient là, un

---

(1) IGNAZIO GALLI, *Gli Effetti fisici e chimici dei Fulmini globulari*, § 5, p. 17-18 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 30, 1912).

(2) C. DE JANS, *Coup d'œil rétrospectif sur les essais d'explication de la foudre globulaire*, Bruxelles, 1912, p. 8, Notes 4 et 5.

(3) *Comptes rendus*, 35, 1852, p. 1 à 3.

(4) JAMIN et BOUTY, *Cours de physique*, 3e édition, 1, p. 320 et 321, Paris, Gauthier-Villars, 1881.

globe de feu bleuâtre, gros comme une tête d'enfant, qui traversa assez lentement l'appartement, en effleurant quatre personnes sur son passage. Aucune d'elles ne fut blessée. Une explosion épouvantable retentit au moment où la boule électrique disparut par une porte ouverte devant la cage du grand escalier (C. FLAMMARION, *Les Phénomènes de la Foudre*, Paris, Ernest Flammarion, p. 117).

Ce dernier cas montre bien qu'il s'agit d'une matière fulminante *impure*, qui a absorbé du soufre et des hydrates de carbone; comme elle explose, elle était électrisée. La vapeur d'eau qu'elle émettait formait autour d'elle un vêtement collant maintenu par la pression électrostatique. *Cette couche de vapeur d'eau est un écran efficace contre le rayonnement calorifique de la matière fulminante.* Suivant l'épaisseur de cette couche, et toutes choses égales d'ailleurs, l'impression extérieure de chaleur peut être presque nulle, faible ou modérée.

Le globe de la rue Saint-Jacques ne contenait pas de soufre; pour pouvoir émettre de la vapeur d'eau, il lui suffisait d'avoir absorbé des particules végétales sèches, dénuées de protoplasma, et réduite à des hydrates de carbone.

On s'explique ainsi très simplement que l'on ait pu discuter et arriver à des conclusions absolument opposées, les uns voulant que la matière fulminante fût presque froide, tandis que, quand elle est pure, elle se comporte visiblement comme un corps incandescent qui rayonne d'une manière intense.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'origine de l'Amphiaster de segmentation dans la parthénogenèse des Batraciens, et le problème de la régulation.* Note (1) de M. E. BATAILLON.

En 1919 (2) j'ai nié l'existence de l'énergide femelle de Herlant (3); j'ai nié également l'existence de karyokinèses équilibrées dans l'activation simple, et critiqué l'application du principe de Teichmann à des fuseaux que le savant belge n'a pu mesurer puisqu'il déclare ne les avoir pas vus.

---

(1) Séance du 7 mars 1927.

(2) E. BATAILLON, *Analyse de l'activation par la technique des œufs nus et la polyspermie expérimentale chez les Batraciens* (*Ann. des Sc. nat.*, *Zool.*, 10e série, 3, 1920, p. 1 à 8).

(3) M. HERLANT, *Étude sur les bases cytologiques du mécanisme de la Parthénogenèse expérimentale chez les Amphibiens* (*Arch. de Biol.*, 28, 1913, p. 505 à 600).

Mais si ces réserves formelles ont renforcé le scepticisme de beaucoup de biologistes devant un mécanisme aussi exceptionnel que simpliste, ma critique a été couramment négligée en France dans divers exposés de la question.

J'apporterai bientôt une large documentation, avec des conclusions dont je voudrais dégager les points essentiels.

Je me demandais en 1919 si Herlant n'aurait pas pris pour des énergides femelles les asters d'inoculation qui évoluent de très bonne heure, 30 ou 40 minutes après le traumatisme, aussi vite que l'énergide spermatique de fécondation (contrairement à sa description qui les fait naître entre 1^h30^m et 1^h45^m).

Or, la confusion est certaine. Les énergides précoces sont toutes des énergides d'inoculation. Il n'y en a pas d'autres jusque vers 2^h30^m. Et l'origine de l'erreur est sans doute dans une fâcheuse orientation des coupes qui, généralement parallèles à l'équateur, ne permettaient pas de repérer le pronucleus femelle sur l'encoche polaire. Ce pronucleus ne montre nulle part les bouleversements pigmentaires qui nous ont été figurés et qui sont l'œuvre du stylet et du matériel inoculé. Il n'est ni plus ni moins facile à trouver que dans l'œuf fécondé. Des coupes orientées suivant l'axe, ou parallèlement à lui, montrent ce noyau en rapport avec la zone polaire, *tout superficiel* au bout de 1 heure 30 minutes, *presque superficiel* au bout de 2 heures. Jusque-là, il est adossé à l'énergide d'inoculation ou en dehors d'elle : il lui est étranger. Sur l'*œuf activé, sans énergide,* il semble rester plus longtemps marginal.

Donc, il y a eu confusion; et ces noyaux importés sur lesquels il émettait des doutes, *Herlant les a figurés* (comme pronuclei) dans toutes les reconstitutions de sa première planche.

La régulation. — C'est vers 2^h que le noyau femelle des œufs inoculés commence à subir l'influence de l'énergide la plus profonde, devenue la plus puissante. Quelquefois centrale, plus souvent excentrique, cette énergide étend ses radiations à travers tout l'hémisphère supérieur : *le pronucleus glisse de la région polaire entre ses rayons; il tombe sur le territoire astérien en voie de réhydratation.* C'est ce qui se passe au même moment entre noyau femelle et spermaster : *c'est le tableau d'une fécondation.*

L'amphiaster de segmentation va se dessiner au centre de l'aster régressé.

Parmi les nombreuses complications possibles, deux méritent d'être relevées :

1° Un gros noyau inoculé peut donner une *véritable mitose* parallèle à celle du pronucleus. En télophase, on verra, sur cette figure un peu plus courte que l'autre, la masse chromatique étirée et répartie irrégulièrement sur les centres. Les deux fuseaux sont *inclus* dans l'aire périphérique de l'énergide primitive dégradée.

2° Des fragments de moindre importance *compliquent* les mitoses, qui montreront encore des pôles accessoires sur les deux métaphases de la division en 4.

L'avenir de l'œuf dans ces deux cas est au moins problématique. L'évolution s'engage certainement sur des bases plus sûres quand le matériel inoculé est informe, à peine décelable sur l'aster principal, et laisse le champ libre à la cinèse unique et normale du pronucleus. J'ajoute : ceci est parfaitement conforme à ma thèse des *principes actifs* fournis par un élément étranger. L'*élément* est reconnaissable dans certains cas, le *noyau* l'est plus souvent; il est heureux qu'il ne le soit pas toujours.

J'établirai que les *asters périphériques*, à côté de l'énergide *principale*, ne sauraient avoir qu'un rôle accessoire, plus souvent nuisible qu'utile, et que la loi de Teichmann est difficilement applicable aux œufs inoculés. Pour les œufs piqués, il ne saurait en être question, ainsi qu'on va le voir.

L'activation simple. — La piqûre des œufs au cyanure donne d'autres garanties que celle des œufs à gangue. Ici plus de souillure possible; pas trace d'asters jusqu'à $2^h 30$ ou 3^h. Un système radié s'édifie sur le noyau *quand sa membrane a disparu*. A ce premier gel astérien correspond une *mitose monocentrique* qui ne saurait fournir en télophase les pôles équilibrés d'un amphiaster. L'indépendance des rythmes plasmatique et nucléaire (attestée par la superposition des cycles astériens sur un fragment d'œuf activé sans noyau) (¹) entraîne une succession de monasters.

Exceptionnellement chez la Grenouille, le monaster peut se compliquer de centres surnuméraires asynchrones tels qu'ils se voient couramment dans le cas du Bufo (²). Mais il semble bien que partout la karyokinèse anticipe sur la sphérokinèse. La discordance des rythmes, entre asters conjugués secondairement, bloque le clivage, mais se superpose encore à l'asynchronisme primitif. C'est, dans tous les cas, cette déséquilibration des

(¹) H.-J. Fry, *Asters in artificial parthenogenesis I et II* (*The Journal of experimental Zoölogy*, 43, 1925, p. 11 à 80).

(²) E. Bataillon, *Les premières cinèses parthénogénésiques chez* Bufo vulgaris *et le mécanisme de la régulation* (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 392 à 394).

cinèses à laquelle j'attribuais dès 1904 une importance capitale en parthénogenèse abortive. Jamais je n'ai vu jusqu'ici chez l'*œuf activé* de Rana ou de Bufo une première mitose comparable à celle de l'œuf inoculé.

Conclusions. — Ainsi, le rôle de l'inoculation dans la parthénogenèse des Batraciens se précise et se simplifie singulièrement.

Non seulement le matériel importé précipite le gel plasmatique comme je l'ai indiqué et comme d'autres faits l'établiront, mais l'énergide principale qu'il provoque, aussi rapidement que peut le faire l'élément mâle, a la même histoire que le spermaster. *Notre type de parthénogenèse,* dégagé des complications inévitables avec une pareille technique, *est celui qui imite le mieux la fécondation.*

Mais la condition physiologique essentielle d'une régulation paraît bien être la même, au fond, chez la Grenouille et chez l'Oursin. Ici, d'après les travaux récents de Chambers et de Fry, c'est l'hypertonie qui donne le pas aux cycles astériens sur les cycles nucléaires, qui centre le pronucleus sur *le système radié préalable d'où sortira l'amphiaster;* là, c'est le matériel inoculé qui remplit le même office, exactement comme le remplit le centrosome spermatique dans la fécondation.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **J. Boussinesq**, **É. Picard**, **P. Painlevé**, **Th. Schlœsing**, **H. Le Chatelier**, **L. Lecornu**, **A. Rateau**, **G. Charpy**, **L. Lindet**, **C. Matignon** sont réélus membres de la *Commission supérieure des Inventions.*

CORRESPONDANCE.

L'**Université de Madrid** adresse des condoléances à l'Académie à l'occasion du décès de M. *Daniel Berthelot.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Leçons de Cinématique*, par RAOUL BRICARD. Tome II : *Cinématique appliquée*. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

2° *Faune de France : 14. Diptères pupipares*, par L. FALCOZ. Préface par C. VANEY. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° A. BOUTARIC. *La chaleur et le froid*. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

4° PAUL BAUD. *Chimie industrielle. La grande industrie chimique. Les métalloïdes et leurs composés. Les métaux et leurs sels. Industries organiques*. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces ayant un ds^2 de Liouville et leurs géodésiques fermées*. Note [1] de M. **BERTRAND GAMBIER**.

1. J'ai indiqué dans mes deux Notes antérieures [2] les principes qui m'ont guidé dans la recherche des surfaces ayant le ds^2 de Liouville, $[\alpha(x)+\beta(y)](dx^2+dy^2)$, et ∞^2 géodésiques fermées (∞^2 géodésiques pouvant être ouvertes). Sur une géodésique fermée *quelconque* partons d'un point M *quelconque* (x, y) et revenons en M après un tour complet : trois cas sont seuls possibles, A_1, A_2, A_3, suivant que les coordonnées (x, y) suivies par continuité ont repris les valeurs $(x+a, y)$, ou (x, y), ou $(-x, -y)$, a étant une constante indépendante de la géodésique ou du point M [l'échange $(x, y; x, y+b)$ ne diffère de A_1 que par les notations].

2. Dans le cas A_1, $\alpha(x)$ admet la période a; la géodésique rencontre toutes les coniques géodésiques x, une fraction seulement des coniques y; si elle ne rencontre ces coniques y qu'en deux points et si elle fait p tours autour de la surface, elle admet $p-1$ points doubles (p entier $\geqq 1$); deux géodésiques fermées issues de M sous un angle infiniment petit se recoupent sous un angle infiniment petit en un point M_1 et un seul, conjugué géodésique de M, et sous un angle fini en $(p-1)$ couples de deux points voisins de chaque point double. Deux géodésiques fermées *quelconques* se coupent en $2p$ points. On peut réaliser, pour le même ds^2, des surfaces annulaires où p se trouve réduit à l'unité.

3. Dans le cas A_2, la géodésique fermée ne rencontre qu'une fraction des coniques x ou y; si elle ne coupe chacune qu'en deux points et si elle ne fait qu'un tour autour de la surface, deux géodésiques *quelconques* ont

(1) Séance du 7 mars 1927.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 257 et 357.

quatre points communs; un point M d'une telle courbe admet exactement quatre conjugués géodésiques *consécutifs* M_1, M_2, M_3, M, le dernier coïncidant avec le point de départ. Le cas A_3 donne des propriétés analogues, car *deux* tours sur la géodésique le font rentrer dans A_2 : chaque point M n'a alors que *deux* conjugués successifs à savoir M_1 et M lui-même.

4. Le cas B_1 des antipodes géodésiques, $M(x, y)$ et $M_1\left(x+\frac{a}{2}, y\right)$ rentre dans A_1 par circulation MM_1M; α a la période $\frac{a}{2}$ et M et M_1 sont conjugués géodésiques. Le cas B_2 des symétriques géodésiques $M(x, y)$ et $M_1(x, -y)$ rentre de même dans A_2.

5. Le cas des surfaces de révolution $\beta(y)[dx^2+dy^2]$ est un type A_1 où α se réduit à zéro; β_0 étant le maximum de $\beta(y)$, il est très remarquable que les ds^2 (m constante)

$$\left[\beta(y)-\frac{\beta_0\cos^2 m}{\cos^2 x}\right][dx^2+dy^2] \quad \text{ou} \quad \left[\beta(y)-\frac{\beta_0\cos^2 m}{\cos^2\frac{x}{2}}\right](dx^2+dy^2)$$

soient du type A_2 ou B_2.

6. Il est non moins remarquable que tout type A_1 ou A_2, où la fonction $\alpha(x)$ est paire, $[\alpha(x)+\beta(y)](dx^2+dy^2)$, fournisse de nouveaux ds^2 du même type $[\alpha(x)+\beta(y)](d\xi^2+d\eta^2)$, où l'on a posé $\eta=y$, $\xi=x+f(\alpha)$ et où $f(\alpha)$ est une fonction continue *uniforme* arbitraire. Appliquons ce procédé au ds^2 de la sphère, S, $[p(\omega+ix)-p(\omega'+y)](dx^2+dy^2)$, où p est la fonction de Weierstrass définie par $p'^2=4(p-e_1)(p-e_2)(p-e_3)$, les nombres e_1, e_2, e_3 étant réels, $e_1>e_2>e_3$, $e_1+e_2+e_3=0$, $e_1-e_3=1$; 2ω est la période réelle, $2\omega'$ la période imaginaire pure. On obtient ainsi un ds^2 nouveau, S_1, $[p(\omega+ix)-p(\omega'+y)](d\xi^2+d\eta^2)$, où l'on a posé $\xi=x+mp(\omega+ix)$, $\eta=y+np(\omega'+y)$, m et n étant deux constantes arbitraires. Ce nouveau ds^2 est défini sur toute la sphère (on fait correspondre les points de même x et y) et positif; si l'on prend pour nouvelles variables $u=p(\omega+ix)$, $v=p(\omega'+y)$, les ds^2, S et S_1, s'expriment algébriquement eu u, v et sont définis positifs dans le rectangle $e_1\geq u\geq e_2$, $e_2\geq v\geq e_3$; si K est la courbure totale du ds^2, S_1, toutes les courbes $K=$ const. passent par le point $u=v=e_2$ et y ont même tangente, parallèle à la droite $u+v=0$, donc pénètrent dans le rectangle. Il serait intéressant de chercher s'il peut exister une surface fermée ayant ce ds^2, S_1; le fait que la surface serait partagée en deux régions, une à courbure totale positive, une à courbure négative, n'est pas un obstacle [la surface de révo-

lution $r = \cos\eta$, $z = \int_0^\eta \sqrt{\left(1 + \frac{3}{2}\cos^4\eta \sin\eta\right)^2 - \sin^2\eta}\, d\eta$; où l'on a

$$-\frac{\pi}{2} \leq \eta \leq +\frac{\pi}{2},$$

est fermée et la méridienne possède deux points d'inflexion d'arguments η_0, η_1 négatifs].

En tout cas on réalise avec S_1 des surfaces annulaires à géodésiques fermées; pour n nul, on a des surfaces possédant cette propriété inattendue que sur les ∞^2 géodésiques fermées, il y en a ∞^2 qui ont des antipodes, ∞^2 qui n'en ont plus.

7. Je dois signaler que l'exemple de ma dernière Note, S_2,

$$ds^2 = [p(\omega + ix) - p(\omega' + y)](dx^2 + m^2 dy^2),$$

n'a pas sa courbure totale partout positive, comme une inadvertance me l'a fait déclarer; le nouveau ds^2, S_2, possède pour le point $u = v = e_2$ et les courbes $K = \text{const.}$ les mêmes propriétés que S_1; S_2 donne des surfaces annulaires à antipodes si m est commensurable avec l'unité et la question se pose de savoir si S_2, comme S_1, peut définir une surface fermée, où les points d'image $u = v = e_2$ seraient singuliers.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le principe des singularités positives de Picard.* Note de M. **Georges Bouligand**.

I. Une méthode d'étude locale. — Rappelons l'énoncé : *une fonction* $\mathrm{II}(P)$ *harmonique et positive dans un domaine* Ω, *de limite inférieure nulle sur sa frontière* Σ, *finie sauf au point* Q_0 *de* Σ, *est déterminée à un facteur constant près*. Laissons de côté les cas d'exception, j'indique une méthode élémentaire permettant de reconnaître, dans des cas étendus, l'exactitude du principe. Soient Ω_ρ, Σ_ρ les portions de Ω, Σ à distances $< \rho$ de Q_0. Supposons que, ρ tendant vers zéro, les homothétiques $(\Omega_\rho : \rho)$ des Ω_ρ tendent vers un domaine conique ouvert γ (limité à la sphère $r^2 = 1$) à l'ablation près d'un ensemble i de points intérieurs $\{= \overline{\lim}[\gamma - (\Omega_\rho : \rho)]\}$ qui soit *impropre* (ou de capacité nulle). Soit σ la portion de Σ intérieure à un polyèdre (homéomorphe à une sphère) contenant Q_0, soit spécifié un voisinage de σ et soit $H_\sigma(P)$ la fonction harmonique dans Ω attachée (pour ce voisinage) aux valeurs 1 sur σ, 0 sur $\Sigma - \sigma$; $\mathrm{II}(P)$ sera une *fonction d'accumulation rela-*

tive des $H_\sigma(P)$ quand le diamètre ε de σ tend vers zéro ([1]). A chaque ρ, associons un ε tel que $\varepsilon : \rho$ tende vers zéro avec ρ. Les homothétiques des $H_\sigma^{(\rho)}(P)$ dans γ auront pour limite relative (sauf sur l'ensemble i) la fonction de Picard (unique) de γ pour son sommet. La répartition relative limite de $\Pi(P)$ sur la surface d'une sphère infiniment petite de centre Q_0 (ou mieux sur le domaine ouvert des points de sa surface situés dans Ω) est donc connue, à des irrégularités locales près, sans influence en vertu de l'impropriété de l'ensemble i donnant la loi limite de leur répartition; d'où résulte l'unicité relative de $\Pi(P)$, vu que cette fonction est positive. En particulier, si Q_0 est irrégulier, γ comprend la sphère $r^2 = 1$ moins son centre, sa fonction de Picard est $1 : r$, le principe est exact, la fonction de Picard de Ω coïncidant avec la limite supérieure de la fonction de Green quand le pôle tend vers Q_0; avec le même γ, on peut avoir aussi Q_0 régulier, le principe reste exact. Je soupçonnais ce résultat depuis longtemps et en avais déduit une méthode de discrimination des points irréguliers ([2]).

II. Étude statistique. — Soient A un point intérieur à Ω et la fonction de Green $G(A, P)$. Une ligne intégrale du champ $\overrightarrow{\text{grad}}\, G(A, P)$ part de A avec une tangente qu'on peut choisir arbitrairement; sauf la présence de points stationnaires de G sur cette ligne, elle va de A à la frontière sans singularité : sur cette dernière, elle peut avoir soit un point limite unique (*elle aboutit*), soit un continuum limite (*elle se perd*).

A chaque ensemble α_A de directions issues de A, mesurable en angle solide, associons un sous-ensemble $\bar{\sigma}$ de Σ, somme des points limites sur Σ des lignes intégrales tangentes en A à ces demi-droites. Le flux de $\overrightarrow{\text{grad}}\, G(A, P)$ pour ce sous-ensemble égale la mesure de α_A en angle solide (par dif.). L'éventualité de points stationnaire n'affecte qu'un ensemble de lignes de gradient de flux nul; celle d'ensembles de perte n'entrave pas la définition du flux comme fonction additive dans la classe des ensembles σ de la frontière, définis comme dans I et avec voisinage spécifié; cela résulte de l'unicité de la solution du problème de Dirichlet dans le champ des valeurs périphériques prises par les polynomes, la solution étant justement une intégrale de ces valeurs par rapport à la précédente fonction d'ensemble, ce qui exige qu'elle soit elle-même bien définie. Il existe donc une

([1]) Bouligand, *Sur quelques points de la théorie des fonctions harmoniques*, (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 705).

([2]) Bouligand, *Sur le problème de Dirichlet* (*Ann. Soc. Pol. Math.*, **4**, 1926, p. 100 et suivantes).

correspondance par sous-ensembles entre Σ et le système des directions issues de A de manière qu'à des sous-ensembles de flux égaux (ce qui implique spécification du voisinage), dans le premier cas, correspondent des sous-ensembles de mesures en angle solide égales dans le second. A σ correspond α_A, on obtiendrait de même α_B en substituant le pôle B au pôle A. La mesure de α_B en angle solide est une fonction additive et *absolument continue* de α_A : elle possède donc presque partout une dérivée, sur la sphère unitaire S_A de centre A. Or toute fonction d'accumulation relative de fonctions $H_\sigma(B)$ (voyez I) lorsque le diamètre de σ tend vers zéro est une dérivée de α_B au sens précédent.

Conclusions. — Le principe de Picard est vrai presque partout sur S_A.

Les lignes de gradient aboutissent presque partout et notamment aux points Q_0 où le principe de Picard est vrai.

Ces résulats constituent une application des théories de M. H. Lebesgue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'itération des fonctions et la notion de croissance régulière.* Note de M. **Paul Lévy**, transmise par M. Hadamard.

Les considérations exposées dans ma Note sur l'itération (d'ordre non entier) de la fonction exponentielle [1] peuvent être généralisées. Soit $y=f(x)$ une fonction continue, croissante pour $x>a$ et infinie avec x. La fonction itérée $f_n(x)$ doit vérifier la relation fonctionnelle

$$f_{p+q}(x)=f_p[f_q(x)], \tag{1}$$

et se réduire à $f(x)$ pour $n=1$. Il faut une condition supplémentaire pour achever la détermination de cette fonction, et si $f(x)$ est à croissance régulière, il est naturel d'imposer à $f_n(x)$ une condition de régularité ; or il suffit d'utiliser une condition de régularité asymptotique pour x très grand pour déterminer parfaitement $f_n(x)$. Il est facile, si $\frac{\log y}{\log x}$ tend vers une limite positive finie, de donner à cette condition une forme précise. Il reste à traiter les cas où ce rapport devient nul ou infini, le premier de ces cas se

[1] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 500. Un calcul numérique relatif à la fonction $e_n(x)$ de cette Note m'a donné pour $n=\frac{1}{2}$, $x=1$, la valeur 1,64 assez remarquable, ces premières décimales étant celles de $\sqrt{2}$.

ramenant au second, puisque l'itération de $y=f(x)$ est liée à celle de $x=f_{-1}(y)$; les autres cas sont exclus par l'hypothèse de la régularité de la croissance de $f(x)$.

Supposons à cet effet que l'équation $f(x)=x$ ait au moins une racine $\geqq a$ et désignons par X la plus grande de ces racines. En choisissant arbitrairement $x_0 > X$, la suite des nombres itérés x_0, $x_1=f(x_0)$, $x_2=f(x_1)$, ..., tend vers l'infini, et en la prolongeant vers la gauche on a une suite tendant vers X. On peut alors définir $f_n(x)$ par une condition de régularité relative à ce point. Dans le cas particulièrement important pour la suite, où $f'(X)=1$, on est ainsi conduit à écrire que $f_n(x)-x$ a même valeur principale que $n(y-x)$.

Il peut arriver qu'on ait le choix pour déterminer $f_n(x)$ entre la condition à l'infini et la condition relative au point X, et la question de l'équivalence de ces deux procédés de définition se pose naturellement. Elle est facile à résoudre par l'affirmative dans le cas de la fonction $f(x)=x+x^2$. On ne peut naturellement la résoudre par l'affirmative dans le cas général qu'à condition de donner à l'hypothèse de la régularité de $f(x)$ une signification très précise, permettant d'établir une solidarité entre les différentes parties de la courbe $y=f(x)$.

Si au contraire aucun des deux procédés indiqués n'est directement applicable à la fonction $f(x)$, on peut déduire la valeur asymptotique de $f_n(x)$ de la comparaison de $f(x)$ et d'une autre fonction $g(x)$. Nous dirons que les fonctions $y=f(x)$ et $z=g(x)$ sont *asymptotiquement équivalentes au point de vue de l'itération* si l'itération de l'une est liée à celle de l'autre par la relation indiquée dans ma précédente Note pour les fonctions e^x et e^x-1. En supposant, pour fixer les idées $x<z<y$ (pour x très grand), et posant $y=\varphi(z)$, il suffit pour cela qu'aucune des fonctions $\varphi_n(x)$ itérées de $\varphi(x)$ d'ordre entier ne croisse plus rapidement que $y=f(x)$. Cela permet de faire correspondre à la fonction $f(x)$ toute une famille de fonctions équivalentes, comprenant notamment les fonctions $ay+b$, $(a>0)$, si y croît au moins comme une puissance de x d'exposant supérieur à l'unité.

Soit alors ξ un nombre supérieur à a et à la plus grande racine de y''. Posons $z=\xi+\frac{f(x)-f(\xi)}{f'(\xi)}=g(x)$; on peut définir la fonction itérée $g_n(x)$ par la condition de régularité au point ξ, et déduire $f_n(x)$ de $g_n(x)$ en utilisant l'équivalence asymptotique de ces fonctions. On a ainsi, pour toute fonction y continue, constamment et indéfiniment croissante et à dérivée seconde d'un signe bien déterminé pour x assez grand, une définition de la fonction itérée ne dépendant que du choix d'un paramètre ξ.

La question se pose alors de savoir dans quelle mesure la fonction obtenue $f_n(x)$ dépend de ξ. Trois cas sont *a priori* possibles :

Premier cas. — La fonction $f_n(x)$ ne dépend pas de ξ. Tel est le cas si l'on prend pour $f(x)$ une des fonctions x^2, ou x^2+ax+b, ou e^x.

Deuxième cas. — La fonction $f_n(x)$ dépend de ξ et tend vers une limite pour ξ infini. Il faut observer que cette limite ne donne une solution acceptable de l'itération que si elle est une fonction de n continue et constamment croissante.

Troisième cas. — La fonction $f_n(x)$ n'a pas une limite déterminée, mais une limite supérieure et une limite inférieure d'indétermination. Même dans ce cas, par un procédé que nous ne pouvons indiquer dans les limites de cette Note, on peut en général obtenir une détermination unique de la fonction itérée qui apparaît comme étant asymptotiquement aussi régulière que possible.

Les considérations qui précèdent semblent de nature à préciser la notion jusqu'ici un peu vague de fonction à croissance régulière, la fonction $f(x)$ apparaissant comme *régulière*, ou *asymptotiquement régulière*, ou *irrégulière*, suivant qu'on est dans l'un ou l'autre de ces cas. Il ne semble même pas impossible que les fonctions régulières ainsi définies constituent une échelle complète de croissance au sens que j'ai indiqué dans une Note antérieure [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe d'équations fonctionnelles.* Note de M. **D.-V. Jonesco**, transmise par M. Hadamard.

Reprenons l'équation (I) de notre Note antérieure [2], et conservons les notations que nous avons employées.

1. Étant données deux droites issues de l'origine $Y=\alpha X$, $X=\beta Y$, la première étant la plus approchée de Ox, et la seconde la plus approchée de Oy, on démontre en suivant la méthode de M. Goursat [3], que l'équation (I) a une solution régulière s'annulant sur les droites $Y=\alpha X$ et $X=\beta Y$. Pour préciser, supposons que lorsque le point (x, y) se trouve dans le rectangle formé par les axes et les droites $X=\lambda$, $Y=\mu$, les points

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 511.

[2] *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 505.

[3] *Annales de la Faculté de Toulouse*, 2e série, **6**, 1904, p. 117.

de coordonnées (ω_1, π_1) et (ω_2, π_2) s'y trouvent aussi. La solution du problème de M. Goursat existe, pour l'équation (I), si les nombres λ et μ sont suffisamment petits.

2. Dans certains cas, la solution de l'équation (I) correspondant aux conditions de M. Goursat est valable dans un domaine assez étendu. Supposons par exemple les points (x, y), (ω_1, π_1), (ω_2, π_2) entre les deux droites $Y = \alpha X$ et $X = \beta Y$, et que les deux derniers points ont les abscisses et les ordonnées moindres que x et y respectivement. D'autre part, supposons que les fonctions connues qui figurent dans l'équation (I) sont toutes continues dans la région R comprise entre les droites $Y = \alpha X$, $X = \beta Y$ et les droites $X = d$, $Y = d'$ et qu'en plus la fonction $f(x, y)$ admet des dérivées partielles du premier ordre.

Alors, l'équation (I) admet une solution régulière s'annulant sur les droites $Y = \alpha X$, $X = \beta Y$, valable dans toute la région R.

Voici la méthode que j'ai employée pour démontrer ce théorème. J'ai d'abord démontré que l'intégrale de l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = F(xy),$$

qui s'annule sur les droites $Y = \alpha X$, $X = \beta Y$ est donnée par la formule

$$(1) \qquad z(xy) = \int_{\beta y}^{x} \int_{\alpha x}^{y} h(st)\, ds\, dt,$$

où $h(xy)$ est la solution de l'équation fonctionnelle

$$h(xy) + \alpha\beta\, h(\beta y, \alpha x) = F(xy).$$

Ensuite on démontre que la solution de l'équation (I) s'annulant sur les droites $Y = \alpha X$, $X = \beta Y$, peut encore se mettre sous la forme (1), mais $h(xy)$ est la solution de l'équation fonctionnelle

$$\begin{aligned} h(xy) + \alpha\beta\, h(\beta y, \alpha x) = & \sum_{i=1}^{2} a_i(xy) \int_{\beta\pi_i}^{\omega_i} \int_{\alpha\omega_i}^{\pi_i} h(st)\, ds\, dt \\ & + \sum_{i=1}^{2} \int_{\alpha\omega_i}^{\pi_i} [b_i(xy)\, h(\omega_i, t) - \beta\, c_i(xy)\, h(\beta\pi_i, t)]\, dt \\ & + \sum_{i=1}^{2} \int_{\beta\pi_i}^{\omega_i} [c_i(xy)\, h(s\pi_i) - \alpha\, b_i(xy)\, h(s, \alpha\omega_i)]\, ds + f(xy). \end{aligned}$$

J'ai démontré, en m'appuyant sur les hypothèses faites au début de ce paragraphe, que cette équation a une solution unique, continue, dans toute la région R. Tout ce qui a été dit dans ce paragraphe s'applique en particulier aux équations aux dérivées partielles du second ordre à caractéristiques réelles.

3. Si l'on suppose que les points (ω_1, π_1), (ω_2, π_2) se trouvent dans le triangle formé par les droites $Y = \alpha X$, $X = \beta Y$ et $X = x$, la solution du problème de M. Goursat pour l'équation (I) est valable pour tous les points de la région R, ayant une abscisse inférieure à d et à $\frac{1-\alpha^3\beta^3}{1+\alpha\beta}\,\frac{\beta}{B+\beta C}$; B et C ont été définis dans notre Note citée plus haut.

4. Les problèmes traités précédemment pour l'équation fonctionnelle (I), peuvent s'étendre pour les équations intégro-différentielles de la forme

$$(2)\quad \frac{\partial^2 z}{\partial x\,\partial y} = \iint_{D_{xy}} \left[(xy;\,st)\,z(st) + b(xy;\,st)\frac{\partial z}{\partial s} + c(xy;\,st)\frac{\partial z}{\partial t} \right] ds\,dt + f(xy).$$

qu'on peut regarder comme généralisant les équations (I). D_{xy} est un domaine qu'on fait correspondre à tout point (x, y). En faisant des hypothèses convenables sur la position du domaine D_{xy} par rapport au point (x, y), on peut énoncer des théorèmes d'existences analogues à celui que nous avons énoncé plus haut et dans notre Note antérieure.

Par exemple, si nous supposons que le domaine D_{xy} est limité par les droites $Y = \alpha X$, $X = \beta Y$ et $X = x$, $Y = y$, on démontre que l'équation (2) admet une solution régulière s'annulant sur les droites $Y = \alpha X$, $X = \beta Y$, valable dans toute la région R où les fonctions a, b, c, f sont continues.

La démonstration des théorèmes énoncés aux n°s 3 et 4 se fait comme il a été indiqué au n° 2.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un manographe pour la mesure des pressions rapidement variables et un indicateur pour l'étude des machines thermiques à grande vitesse.* Note de MM. **Huguenard**, **A. Magnan** et **A. Planiol**, présentée par M. G. Kœnigs.

Les difficultés les plus importantes qu'on rencontre dans l'étude des pressions rapidement variables, telles qu'il s'en développe dans les cylindres des moteurs à explosion à marche rapide, sont principalement la trop longue durée de la période propre du manomètre enregistreur, qui le rend impropre à suivre des variations brusques, et la mauvaise transmission des pressions

entre le récipient où elles se produisent et ce manomètre. En effet, cette transmission s'effectue habituellement par l'intermédiaire d'un canal qui doit être gros et court pour assurer rapidement le remplissage du manomètre par les gaz et dont il est difficile de réduire le volume au-dessous de quelques centimètres cubes.

Lors d'un accroissement brusque de la pression, le remplissage du canal et de la capacité qui se trouve sous le piston ou la membrane manométrique donne naissance à des mouvements de gaz qui s'effectuent à très grande vitesse, par conséquent avec des pertes de charge et des retards de transmission importants.

Nous avons utilisé pour la mesure des pressions un manomètre du type de celui que nous avons créé pour nos accélérographes (1) et qui se compose d'un tube de Bourdon attaché en son milieu, ses extrémités libres agissant sur un miroir par deux lames souples. Une réduction des dimensions, un choix des matériaux et une adaptation aux pressions à mesurer nous a permis d'obtenir des manomètres dont la période propre est inférieure à $\frac{1}{3000}$ de seconde et dont le gonflement sous la pression maxima est plus petit qu'un millimètre cube.

La faible valeur de ce gonflement a rendu possible l'emploi d'une colonne liquide pour transmettre au manomètre les pressions existant dans le cylindre. L'usage d'une telle transmission met le manomètre complètement à l'abri de l'échauffement dû à la circulation des gaz de la combustion d'une part et supprime d'autre part les erreurs dues aux compressions et détentes successives qui se produisent, avec le dispositif usuel, dans le manomètre et le canal de communication.

En outre le faible gonflement du tube manométrique, joint à la très petite compressibilité du liquide, ramène la vitesse du fluide dans le canal de transmission à une valeur si réduite que les forces d'inertie occasionnent des pertes de charge très inférieures à celles qu'on observe avec les transmissions gazeuses. La mise en équilibre du dispositif devient alors possible dans un temps très court qui s'est montré, à la première expérience, inférieur à $\frac{1}{2600}$ de seconde.

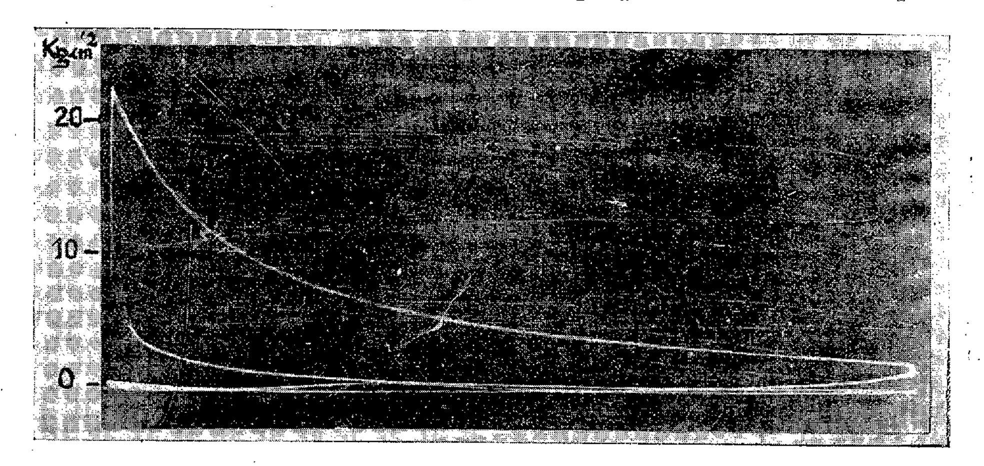
Ce manographe constitué par le tube manométrique et sa transmission liquide a été utilisé par nous à la construction d'un indicateur pour moteurs

---

(1) Huguenard, Magnan et A. Planiol, *L'accélérographe H. M. P. Son application à la mesure des accélérations en vol* (*Bulletin technique du Service technique de l'Aéronautique*, n° 30, 1926, p. 4).

à explosion. A cet effet nous lui avons adjoint un mécanisme permettant de reproduire optiquement le mouvement du piston en vue de tracer des diagrammes en fonction du volume, comme on le fait couramment. Ce dispositif est particulièrement robuste et précis de manière à éviter aux grandes vitesses les déphasages dus aux déformations des organes de liaison sous l'influence des forces d'inertie. La disposition comporte en outre une pompe qui refoule, à haute pression, la très petite quantité de liquide nécessaire pour remplacer celle qui a été consommée par l'échauffement de l'extrémité du tube débouchant dans le cylindre moteur; cette pompe sert à maintenir constamment remplis ce tube et le manomètre.

Nous donnons à titre d'exemple un des premiers diagrammes obtenus avec cet appareil sur un petit moteur monocylindre dont l'allure était de 1100 t/m (*fig.* 1). D'après la période propre de l'instrument qui est



visible à la loupe sur ce tracé et dont la valeur a été précédemment donnée, cet indicateur serait apte à fonctionner dans les meilleures conditions de précision jusqu'à une allure d'environ 3000 t/m.

BALISTIQUE. — *Sur la stabilité des projectiles dans leur mouvement autour de leur centre de gravité.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Emile Borel.

Dans un Mémoire daté de 1918 (¹) nous avons montré que, à chaque point M de la trajectoire d'un projectile, on peut faire correspondre un

(¹) *Archives de la Commission de Gâvre,* 24 janvier 1918.

vecteur ME variant progressivement, sans oscillations, le long de la trajectoire et jouant en quelque sorte le rôle d'axe d'équilibre relatif. De plus, le vecteur ME représente une intégrale particulière du mouvement de l'axe du projectile et jouant vis-à-vis des autres intégrales le rôle de « lit », comme joue le rôle de lit la ligne de fond d'une vallée par rapport aux lignes de plus grande pente voisines. Si, initialement, l'axe du projectile coïncidait avec $M_0 E_0$, la coïncidence se poursuivrait indéfiniment. La projection idéale serait donc une projection « de travers », impossible avec les bouches à feu. Sinon, après extinction des mouvements de nutation initiaux par les frottements de l'air, l'axe du projectile tourne autour de l'axe ME en un mouvement précessionnaire qui, pour les projectiles usuels, s'amortit lui-même progressivement.

Nous nous proposons d'indiquer, dans cette Note, les conditions de stabilité de ce mouvement de précession. Soit un système d'axes mobiles G, x_1, y_1, z_1, dans lesquels G est le centre de gravité, Gz_1 la tangente, Gx_1 la normale au plan de la trajectoire vers la droite, Gy_1 la perpendiculaire à Gz_1 et Gx_1 orientée vers le haut; soient enfin G, x, y, z un système attaché au projectile même (Gz axe de révolution); θ, φ, ψ les angles d'Euler situant G, x, y, z par rapport à G, x_1, y_1, z_1. Appelons C le moment axial d'inertie, A le moment suivant Gx, τ l'inclinaison de la tangente à la trajectoire sur l'horizon, a un coefficient proportionnel à la résistance $F(v)$ de l'air, ω la vitesse de rotation. Les équations du mouvement étant du second degré en φ', on obtient pour la condition d'existence des racines, en se bornant aux petits angles et avec quelques autres approximations :

$$(1)\qquad (C^2\omega^2 - 4Aa)\sin^2\theta + 4AC\omega\sin\theta\sin\psi\frac{d\tau}{dt} + 4A^2\theta''\sin\theta > 0.$$

Soient M un point de la trajectoire, R l'angle que fait le vecteur ME avec la tangente, ρ l'amplitude du mouvement précessionnaire, dont la durée de révolution est T.

En posant $\tang\frac{\pi t}{T} = x$, le calcul montre qu'on doit avoir, *quel que soit* x,

$$(2)\qquad Ix^4 + Kx^3 + Lx^2 + Mx + N > 0$$

où l'on a posé

$$I = (R+\rho)^2\left[\mu R^2 + \left(2\mu - 1 - \frac{1}{4\mu}\right)R\rho + (\mu - 1)\rho^2\right],$$

$$K = \frac{2\omega k\alpha}{a}R\rho(R+\rho)^2,$$

et

$$L = 2(R^2 - \rho^2)[\mu R^2 - (\mu - 1)\rho^2],$$

$$M = \frac{2\omega k\alpha}{a} R\rho(R - \rho)^2,$$

$$N = (R - \rho)^2 \left[\mu R^2 - \left(2\mu - 1 - \frac{1}{4\mu}\right) R\rho + (\mu - 1)\rho^2\right].$$

Dans ces formules, on a posé en outre $\mu = \frac{c^2\omega^2}{4Aa}$ et $k\alpha$ caractérise les frottements latéraux sur les parois du projectile.

Si $R = 0$ (mouvement rectiligne, ou mouvement limite sur la branche descendante), on en tire la condition $\mu > 1$, déjà indiquée par de Sparre. La discussion complète de la condition (2) montre, dans l'hypothèse $\mu > 1$ qu'on doit supposer satisfaite, qu'il existe deux zones de stabilité ; la première définie par $0 < \rho < R_1$ (R_1 étant une limite, inférieure à R, mais qui lui serait égale si l'on négligeait les frottements) ; la deuxième définie par $\rho > \gamma_1 R$, avec

$$\gamma_1 > \frac{2\mu - 1 - \frac{1}{4\mu} + \sqrt{\frac{1}{2\mu} + \frac{1}{16\mu^2}}}{2(\mu - 1)} = 1 + \frac{\left(1 - \frac{1}{4\mu}\right) + \sqrt{\frac{1}{2\mu} + \frac{1}{16\mu}}}{2(\mu - 1)}.$$

Cette dernière inégalité se transformerait en égalité si l'on négligeait les frottements.

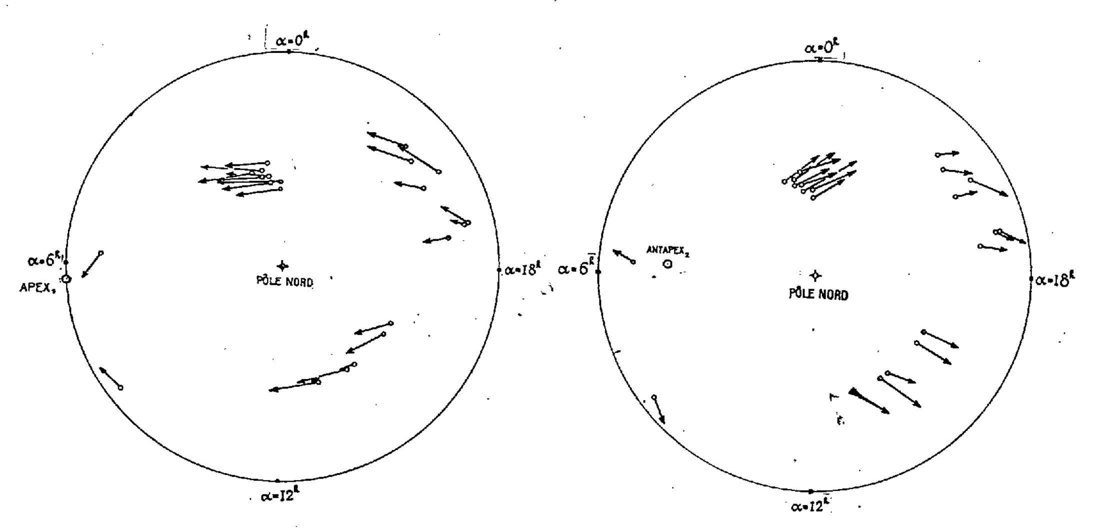
Les deux zones de stabilité ainsi définies sont séparées par une *zone d'instabilité* du mouvement précessionnaire. *La tangente à la trajectoire se trouve toujours dans cette zone.*

La zone d'instabilité permet d'expliquer certaines anomalies, notamment les *coups anormaux* se montrant parfois sans raison apparente parmi des coups parfaitement réguliers. On en trouverait l'origine dans ce fait que, au cours du mouvement, l'axe du projectile a pu se maintenir plus ou moins longtemps dans la zone d'instabilité, circonstance susceptible d'engendrer de profondes perturbations en précision et portée.

Des considérations analogues s'appliquent, bien que sous une forme un peu différente, aux projectiles non tournants et même aux avions pour lesquels, à un élément de trajectoire et à un état de forme donnés, correspond un lit de stabilité et de moindres oscillations.

ASTRONOMIE. — *Sur les courants d'étoiles et sur l'apex solaire.* Note [1] de M. V. **Nechvile**, présentée par M. Deslandres.

Sur toutes les régions des frères Henry que nous avons examinées [2], les courants stellaires ont été constatés d'après les mouvements propres d'étoiles de la 5e,0 à la 16e,0 grandeur photographique. La table ci-après donne les positions des centres des 22 régions célestes, les mouvements moyens μ_α et μ_δ en secondes d'arc par siècle des deux courants de Kapteyn et les nombres d'étoiles en mouvement; chaque région représente, autour du centre indiqué, une surface de 5,4 degrés carrés (et cela $\pm 1°,25$ en ascension droite et $\pm 1°,08$ en déclinaison).



L'ensemble des mouvements constatés est dessiné en projection orthographique sur deux figures représentant l'hémisphère boréal du ciel et permet de déterminer les apex des courants. Les calculs effectués à l'aide de la méthode d'Airy donnent comme positions des apex respectivement :

$$\alpha_1 = +94°,3, \qquad \alpha_2 = +266°,5;$$
$$\delta_1 = -\ 1°,7, \qquad \delta_2 = -\ 47°,2;$$

de sorte que l'angle formé par les deux courants est de 130°,5. Les mouvements moyens correspondant à ces directions et les nombres d'étoiles

---

[1] Séance du 4 janvier 1927.

[2] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 210.

participant à chacun des courants sont

$$\mu_1 = 4'',96, \quad \mu_2 = 4'',46;$$
$$n_1 = 2129, \quad n_2 = 1657;$$

de sorte que le premier courant contient 56,2 et le second 43,8 pour 100 de l'ensemble d'étoiles. En dehors des deux courants de Kapteyn, le troisième courant de M. Halm a été constaté sur trois de nos régions. Il est à remarquer que le mouvement moyen des dix étoiles les plus belles de l'amas de Praesepe est, d'après le catalogue de L. Boss, $\mu_\alpha = -3'',12$ et $\mu_\delta = -1'',80$ par siècle et coïncide, à peu près, avec le mouvement du premier courant de Kapteyn pour la région (n° 10), ce qui semblerait indiquer que cet amas lui appartient.

L'apex solaire a été déterminé par deux méthodes. La première a été celle d'Airy, basée sur les mouvements moyens pour chaque région, déterminés à l'aide de toutes les étoiles, au nombre de 1111, dont le mouvement dépassait 5″ par siècle.

Région Nos.	Coordonnées du centre.		I Courant.		Nombre d'étoiles.	II Courant.		Nombre d'étoiles.
			μ_α.	μ_δ.		μ_α.	μ_δ.	
	h m	° ′	″	″		″	″	
1.....	0.10,1	69. 7	+4,15	+0,53	133	−2,89	−1,75	52
2.....	0.10,5	67.10	+5,32	+0,70	68	−4,10	−1,44	24
3.....	0.39,2	65. 9	+3,95	−0,85	89	−3,38	−0,43	37
4.....	0.39,3	61. 9	+4,04	−0,34	74	−3,68	−0,58	29
5.....	0.39,3	67. 6	+4,95	−0,89	76	−5,11	−1,90	21
6.....	0.53,6	65.13	+4,25	−0,67	125	−3,60	−0,66	68
7.....	0.54,3	63. 2	+5,54	−1,63	53	−4,04	−1,28	14
8.....	1.19,8	63. 3	+4,88	−1,22	59	−3,93	−1,14	16
9.....	5.45,9	32.36	+2,61	−2,86	56	−1,01	−3,32	29
10.....	8.34,0	20.18	−2,73	−2,15	84	+2,09	−2,59	98
11.....	13.11,2	56. 7	−4,50	+0,63	71	+2,69	−3,54	54
12.....	14.11,9	56. 0	−4,60	+1,83	77	+1,60	−4,85	56
13.....	14.31,0	55.58	−4,25	+1,79	123	+1,49	−2,47	83
14.....	15.51,7	56. 5	−3,36	+2,43	100	+0,27	−4,29	93
15.....	16.11,9	56. 4	−2,64	+3,24	125	+0,43	−4,01	109
16.....	18.41,1	39.27	+0,14	+3,47	80	−0,75	−3,88	104
17.....	18.49,1	31. 4	+0,68	+2,17	177	−1,07	−2,64	253
18.....	18.50,0	29. 5	+2,29	+3,89	50	−1,57	−4,15	72
19.....	20. 2,7	42. 4	−1,88	+2,86	217	−0,70	−2,90	186
20.....	20.12,0	33. 6	+3,92	+3,05	48	−2,92	−4,62	58
21.....	20.41,3	39.54	+3,34	+2,21	85	−1,86	−2,75	81
22.....	21.11,9	38. 0	+3,31	+2,22	159	−1,16	−2,49	120
				$n_1 = 2129$			$n_2 = 1657$	

La seconde méthode était analogue à celle de M. Eddington : nous avons considéré le mouvement solaire comme résultante cinématique des mouvements en appliquant comme poids le nombre d'étoiles dans les courants. Le mouvement solaire est donné alors comme demi-hypoténuse dans le parallélogramme formé par les vecteurs $n_1\mu_1$ et $n_2\mu_2$ et déterminé par les mouvements de 3786 étoiles. Les deux méthodes nous ont donné respectivement pour la position de l'apex solaire

$$\alpha_\star = +286°,9, \qquad \alpha_\star = +281°,3,$$
$$\delta_\star = +46°,3, \qquad \delta_\star = +45°,6.$$

La plus grande partie de nos étoiles étant entre la 10e,0 et la 16e,0 grandeur photographique, ces résultats confirment le fait que l'ascension droite et la déclinaison de l'apex solaire augmentent quand la grandeur d'étoiles diminue.

MAGNÉTISME. — *Sur un nouvel oxyde ferrique ferromagnétique.* Note de M. **Raymond Chevallier**, présentée par M. M. Brillouin.

Un Mémoire étendu de Hilpert (1) arrive à la conclusion que, pour aboutir à la forme ferromagnétique de Fe^2O^3, il faut partir du stade Fe^3O^4. L'auteur rapporte en particulier que si l'on oxyde de l'hydrate ferreux en milieu *neutre* par l'eau oxygénée, l'oxyde ferrique obtenu n'est pas ferromagnétique.

La présente Note montre que la complexité du phénomène est plus grande et que l'on peut fort bien obtenir un Fe^2O^3 ferromagnétique à partir de l'hydrate ferreux à condition d'opérer avec des solutions concentrées et en présence d'un excès de soude.

Dans toutes les expériences l'agent oxydant fut l'eau oxygénée à 10 volumes environ. Les mesures magnétiques ont été faites par induction à l'aide d'un appareil décrit antérieurement (2).

Influence des concentrations et de l'excès de soude. — 1° Pour des concentrations données des solutions de soude et de sulfate ferreux, le moment spécifique pris dans un champ donné par l'oxyde ferrique croît d'abord rapidement avec l'excès de soude et tend bientôt vers une limite.

---

(1) *Ber. d. ch. Ges.*, **42**, 1909, p. 2248.
(2) *Bull. Soc. ch.*, 4e série, **39**, 1926, p. 711.

2° Pour un excès donné de soude, il croît constamment avec les concentrations des solutions utilisées.

Ainsi, à 25°, dans un champ constant de 260 gauss, en prenant comme unité la quantité de soude précipitant exactement l'hydrate ferreux, on obtient :

NaOH à 2^{mol} : Masse de NaOH.....	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SO^4Fe à 1^{mol} par litre :						
Moment spécifique en C. G. S.....	0,6	2,2	2,6	2,8	2,9	2,9

Avec une soude à $0^{mol},5$, en quantité saturant exactement le sulfate ferreux, le moment ne dépasse pas 0,2 C. G. S., alors qu'avec une soude à 14^{mol} en grand excès et du sulfate ferreux à $1^{mol},5$ on peut atteindre 8 à 9 C. G. S. Ces faits expliquent le résultat d'Hilpert.

Influence de la température. — Comme au cours de la réaction il y a un fort dégagement de chaleur, la température indiquée est celle du mélange à la fin de l'oxydation.

Voici, par exemple, le rôle de la température pour un oxyde formé à partir de SO^4Fe à 1^{mol} par litre, de NaOH à 10^{mol}, avec un excès 6 :

Température..................	5°.	25°.	40°.	45°.	50°.	55°.	70°.
Moment spécifique en C. G. S...	1,7	4,1	6	6,6	6,9	5,7	2,3

C'est de 45° à 50° que les conditions de production sont optima. Au delà le magnétisme décroît rapidement, l'oxyde ferrique formé étant instable à 100°. De plus, à ces températures l'oxydation totale est difficile et l'oxyde Fe^2O^3 est toujours souillé de magnétite ou de FeO libre.

Degré d'oxydation. — Le dosage de la quantité d'eau oxygénée consommée par l'oxydation d'une masse connue d'hydrate ferreux a montré que le stade final est exactement Fe^2O^3.

Propriétés magnétiques. Stabilité. — Ces résultats généraux étant atteints, j'ai préparé plusieurs échantillons de cet oxyde, séchés dans le vide pendant plusieurs semaines. Ceux désignés par 1 et 2 sont identiques à ceux préparés à 25° et 50° dans le paragraphe des températures. Le tableau suivant fournit les moments spécifiques en C. G. S. quand le champ croît de 0 à 200 gauss environ, puis revient à zéro. Nous avons mis dans ce même tableau comme termes de comparaison :

1° Un oxyde Fe^2O^3 du type Malaguti [1] obtenu par oxydation sèche de la magnétite à 400° [2]. Nous l'appelons 3.

---

(1) *Comptes rendus*, 55, 1862, p. 350.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1473.

2° Un échantillon de Fe^3O^4 préparé en réduisant Fe^2O^3 par un mélange d'hydrogène et de vapeur d'eau.

Nature du produit.	Masse par unité de volume.		Champ en gauss. 0.	60.	120.	180.	Champ extrême.
Fe^2O^3 1	1,06	aller	0	1,2	2,05	2,8	3,5 (260 gauss)
		retour	0	1,2	2,05	2,8	3,5
Fe^2O^3 2	0,835	aller	0	3,4	5,25	6,4	7,5 (250 gauss)
		retour	1	4,2	5,7	6,7	7,5
Fe^2O^3 3	0,645	aller	0	3	7,7	13,1	17,9 (228 gauss)
		retour	5	9,2	13	16,1	17,9
Fe^3O^4	1,43	aller	0	3	7,7	12,6	13,8 (195 gauss)
		retour	2,3	6,2	9,9	13,2	13,8

On remarquera combien les deux premiers oxydes se différencient du troisième. Le premier dans les conditions actuelles n'a pas d'hystérèse, tandis que l'oxyde de Malaguti en présente une considérable. De plus les courbes d'aimantation de 3 et Fe^3O^4 tournent leur concavité vers le haut; 1 et 2 la tournent vers le bas et un champ faible suffirait à amener la saturation.

Une autre différence réside dans la stabilité. Tandis que l'oxyde de Malaguti ne se détruit que vers 600°, l'oxyde 1 perd à 100° la moitié de son magnétisme en une heure, et en quelques minutes à 200°.

Étant donnée l'influence des excès de soude, des concentrations et des températures, je crois qu'il faut attribuer le ferromagnétisme de cet oxyde ferrique, vraisemblablement colloïdal, à une structure micellaire particulière, plutôt qu'à une molécule polymérisée simple contenue en quantité variable dans ces oxydes.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la propagation des ondes électromagnétiques autour de la Terre.* Note de MM. **Henri Gutton** et **Jean Clément**, présentée par M. G. Ferrié.

Dans une Note précédente (¹), nous avons décrit des expériences sur les propriétés diélectriques des gaz ionisés. Elles nous ont conduit à constater que les actions mutuelles entre les centres électrisés agissaient sur ceux-ci comme des forces quasi élastiques et déterminaient, par suite, l'existence d'une période d'oscillation moyenne des ions. Comme les actions mutuelles

(¹) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 441.

augmentent avec le nombre des ions, cette période doit être d'autant plus courte que le gaz est plus ionisé et dans un champ électromagnétique périodique des phénomènes de résonance peuvent se produire pour des fréquences d'autant plus grandes que l'ionisation est plus intense. En vue d'étudier ce dernier point, nous avons repris nos expériences en utilisant des ondes plus courtes.

Au lieu d'un résonateur de longueur d'onde $408^{cm},5$, nous avons utilisé un résonateur de longueur d'onde $217^{cm},3$. Il est constitué par deux lames de cuivre (12×4^{cm}), distantes de 4^{cm}, réunies par un fil de 48^{cm} de longueur au milieu duquel est intercalée une soudure thermo-électrique. Un tube de verre de 4^{cm} de diamètre, contenant de l'hydrogène à faible pression, est disposé dans le champ du condensateur formé par les deux lames. Le gaz y est ionisé par des décharges. Le résonateur est couplé à un oscillateur dont on peut faire varier la fréquence des oscillations sans changer leur amplitude.

Nous déterminons encore, à pression constante et pour des ionisations croissantes du gaz, les intensités du courant dans le résonateur, lorsque l'oscillateur est accordé sur lui et les longueurs d'onde correspondantes de ce résonateur. En portant en abscisses ces longueurs et en ordonnées les carrés des courants, nous traçons des courbes pour diverses pressions comprises entre 0,011 et $1^{mm},3$ de mercure. Nous leur trouvons des formes analogues à celles que nous avons déjà décrites.

Mais, pour des pressions égales, on trouve que l'ionisation, qui correspond à une résonance entre les oscillations des ions et celles du champ est beaucoup plus grande lorsque la fréquence de ces dernières est plus élevée.

Nous avons aussi constaté que la pression, à partir de laquelle on n'observe plus de diminution apparente de la constante diélectrique, est plus élevée. A la pression $0^{mm},011$, l'ionisation produit de très grandes variations de la constante diélectrique, puisque quoique le gaz ionisé n'occupe qu'une fraction de l'intervalle entre les lames du condensateur, la longueur d'onde du résonateur varie de $206^{cm},9$ à $226^{cm},9$, la longueur d'onde sans ionisation étant $217^{cm},3$.

De l'existence de phénomènes de résonance dans un gaz ionisé et en tenant compte du fait que la période de résonance est d'autant plus longue que l'ionisation est plus faible, on peut tirer des conclusions relatives à la propagation des ondes autour de la Terre.

A l'ionisation des parties basses de la couche d'Heaviside correspond une fréquence moyenne d'oscillation des ions. Lorsque des ondes courtes

s'y propagent, la fréquence du champ électromagnétique est supérieure à celle des oscillations des ions. Le courant de convection produit par les mouvements de ceux-ci est alors en opposition de phase avec le courant de déplacement et produit une diminution apparente de la constante diélectrique. Comme le prévoit la théorie de Eccles, des réflexions et des mirages renvoient les ondes vers le sol.

Pour des ondes plus longues, la période de résonance est atteinte. Le courant de convection devient en quadrature avec le courant de déplacement et ne produit plus de variation de la constante diélectrique; il a la phase d'un courant de conduction et provoque une forte absorption des ondes.

Des ondes plus longues encore ont une fréquence inférieure à la fréquence de résonance; le courant de convection est alors en phase avec le courant de déplacement et produit une augmentation apparente de la constante diélectrique. Des phénomènes de mirage ne sont plus possibles, mais les ondes sont alors assez longues pour que la conductivité de l'eau de mer puisse assurer la propagation à grande distance, dans des conditions qui sont celles de la formule d'Austin.

De part et d'autre de la longueur d'onde pour laquelle il y résonance dans le gaz ionisé, les phénomènes qui interviennent lors de la propagation des signaux radiotélégraphiques sont ainsi très différents.

Pour les fréquences voisines de la résonance, la transmission lointaine n'est pas assurée par la haute atmosphère qui absorbe les ondes. Celles-ci sont, d'autre part, trop courtes pour que la propagation le long du sol se fasse sans grand affaiblissement. On s'explique alors le fait souvent constaté, qu'il est des longueurs d'onde voisines de 200^m peu favorables aux liaisons sans fil. La réception des signaux sur ces longueurs d'onde est, d'autre part, irrégulière et sujette à d'importants évanouissements (1). Au voisinage de la résonance, en effet, de faibles changements d'ionisation produisent de très grandes variations de la phase des oscillations ioniques et, par suite, de fortes variations de la constante diélectrique.

Nos expériences ont été faites, en utilisant des ondes de 2 et de 4^m et de fortes ionisations. La fréquence des ondes de 200^m étant beaucoup moindre, l'ionisation qui correspond à la résonance est plus faible et peut être atteinte dans la haute atmosphère.

---

(1) MESNY, *L'Onde électrique*, 5, 1926, p. 449.

OPTIQUE. — *La répartition de l'énergie sur les ondes élastiques thermiques au sein d'un fluide et la diffusion de la lumière par les liquides.* Note de M. **Jean Cabannes**, présentée par M. A. Cotton.

I. Tous les auteurs, depuis Einstein et Debye (¹), décomposent l'agitation thermique en trains d'ondes élastiques qui se propagent librement en tous sens. Le nombre des ondes qui ont une fréquence comprise entre ν et $\nu + d\nu$ est, par unité de volume, $\frac{4\pi\nu^2\,d\nu}{a^3}$ (a, vitesse du son dans le fluide). D'autre part, la structure discontinue du milieu assigne à la fréquence ν la limite supérieure $\nu_m = a\sqrt[3]{\frac{9n}{4\pi}}$ (n, nombre de molécules par centimètre cube).

II. L'énergie totale relative à chaque vibration libre vaut en moyenne $k\mathrm{T}\,\frac{x}{e^x - 1}\left(\text{avec } x = \frac{h\nu}{k\mathrm{T}}\right)$, et non pas kT comme le voudrait l'équipartition de l'énergie. L. Brillouin (²) a montré la nécessité de cette loi de répartition, même si les échanges d'énergie entre molécules sont continus. L'énergie totale de toutes ces ondes est donc

$$\mathrm{E} = 2\pi \int_0^{\nu_m} \frac{\nu^3}{a^3}\,\frac{h\,d\nu}{e^x - 1} = 3\,n\,k\,\mathrm{T}\,\mathrm{F}\left(\frac{\mathrm{T}}{\Theta}\right),$$

avec

$$\mathrm{F}\left(\frac{\mathrm{T}}{\Theta}\right) = 3\left(\frac{\mathrm{T}}{\Theta}\right)^3 \int_0^{x=\frac{\Theta}{\mathrm{T}}} \frac{x^3\,dx}{e^x - 1} \qquad \text{et} \qquad \Theta = \frac{h\nu_m}{k}.$$

III. La lumière diffusée par le liquide à 90° du faisceau incident peut être considérée comme réfléchie sur celles des ondes élastiques (normales au plan des deux faisceaux) qui se propagent à 45° des deux faisceaux. Aux températures habituelles, les ondes élastiques efficaces (auxquelles correspond la presque totalité de l'énergie interne) ont une longueur d'onde petite vis-à-vis des longueurs d'onde de la lumière visible; l'intensité du faisceau réfléchi est donc indépendante de ν, et proportionnelle à l'énergie totale de l'ensemble de ces ondes, c'est-à-dire, dans la théorie actuelle, à kTF, au lieu de kT. Comme d'autre part la fréquence des ondes élastiques est

(¹) Debye, *Annalen der Physik*, 39, 1912, p. 789.
(²) L. Brillouin, *Annales de l'École Normale supérieure*, 37, 1920, p. 387.

relativement faible, et la température (voisine de 300° K) relativement élevée, la fonction F se réduit pratiquement à $1 - \frac{3}{8}\frac{h\nu_m}{kT}$.

IV. L'intensité de la lumière diffusée latéralement par un liquide *à molécules isotropes* a donc bien l'expression connue

$$R = \frac{\pi^2}{2\lambda^4}\frac{R_1 T}{N_l}\frac{1}{\beta}\left(\frac{\partial\varepsilon}{\partial p}\right)^2 \tag{1}$$

(R_1, constante du gaz rapportée à une molécule-gramme; β, compressibilité isotherme; ε, constante diélectrique; p, pression; λ, longueur d'onde de la lumière monochromatique incidente).

Mais le coefficient N_l est supérieur au nombre N d'Avogadro :

$$N_l = \frac{N}{1 - \frac{3}{8}\frac{h\nu_m}{kT}}. \tag{2}$$

Dans le cas des gaz, le terme correctif en ν_m est négligeable et $N_g = N$. Enfin on peut admettre, en première approximation, que l'expression (1) est encore valable avec des molécules anisotropes, à condition de la multiplier par le facteur $\frac{6(1+\rho)}{6-7\rho}$ (ρ, dépolarisation de la lumière diffusée).

V. Vérification expérimentale [1] : ($Ng = 6{,}5 \cdot 10^{23}$) :

	ρ.	a m : sec.	ν_m.	$\frac{3}{8}\frac{k\nu_m}{kT}$.	$10^{23} N_l$ calc.	$10^{23} N_l$ obs.
Eau à 30°	0,096	1400	$4 \cdot 10^{12}$	0,25	8,7	8,2
Benzène à 15°	0,41	1170	$2 \cdot 10^{12}$	0,13	7,5	7,8

Ces résultats paraissent justifier la loi de répartition de l'énergie que nous avons admise ici, d'après L. Brillouin, pour les ondes élastiques thermiques des liquides.

---

(1) Les résultats expérimentaux qui permettent ces vérifications sont extraits d'un Mémoire qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil. D'ailleurs on peut dire déjà que la vérification de la théorie actuelle s'étend à tous les liquides, en ce sens que, d'une part l'ordre de grandeur de la fréquence limite ν_m, d'autre part la valeur observée de N_l, varient peu d'un liquide à l'autre.

MÉTROLOGIE. — *Nouvelle étude de quelques radiations du mercure, du krypton et du xénon en vue de leurs applications métrologiques.* Note de M. **Albert Pérard**, présentée par M. A. Cotton.

Les raies les plus intenses du mercure, du krypton et du xénon ont participé, dans les mêmes conditions que celles du néon et de l'hélium [1], aux comparaisons de longueurs d'onde. La représentation des résultats a encore consisté dans l'établissement de courbes de correction fournissant en ordonnée l'écart de l'excédent fractionnaire de l'ordre d'interférence *calculé* en admettant une longueur d'onde fixe, par rapport à l'excédent fractionnaire *observé* directement, la différence de marche étant portée en abscisse.

La source lumineuse à mercure était une lampe Cooper-Hewitt, formée d'un tube de verre de 46^{cm} de long et 23^{mm} de diamètre intérieur environ, observé en travers dans le milieu de sa longueur et marchant à l'intensité de 3,0 à 3,5 A. sur courant continu de 85 V. avec interposition d'une résistance. Les lampes à krypton et à xénon, de forme semblable, avaient été établies spécialement par M. Lepape; elles sont composées d'un tube capillaire d'une longueur de 6^{cm} et d'un diamètre intérieur de 2^{mm} environ reliant deux ampoules cylindriques qui contiennent les électrodes disposées latéralement; pression initiale du gaz 4^{mm}. Le courant d'excitation était un courant transformé, alternatif 50 périodes p. s.; tension aux bornes et intensité : pour le krypton, 850 V., 1 à 2 mA.; pour le xénon, 1100 V., 2 à 3 mA. Les lampes à krypton et à xénon étaient observées en bout du tube capillaire.

Pour quelques-unes des raies du mercure et du krypton, le présent travail a confirmé et complété les résultats que j'avais obtenus autrefois [2]. Les renseignements que donnent les courbes de correction sont résumés ci-dessous :

Mercure, raie 435,8. — Les interférences de la raie indigo ne sont guère visibles au-dessus de 95^{mm} de différence de marche; cette raie n'est utilisable en métrologie que jusqu'à 50^{mm}, et moyennant encore des écarts qui approchent de 0,1 dans l'excédent fractionnaire de l'ordre d'interférence calculé avec la longueur d'onde $435^{m\mu}$,8325, donnée autrefois par Michelson, et qui est la plus favorable.

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 447.
(2) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1060.

Mercure, 491,6. — La raie bleue est une des plus monochromatiques du mercure; mais elle est beaucoup moins intense que les raies indigo, verte et jaunes; la longueur d'onde admise jusqu'ici ($491^{m\mu}$,6051, *Recueil de Constantes physiques*) est trop courte d'une quantité notable; la valeur résultant des présentes expériences serait $491^{m\mu}$,60686, à quelques unités près du dernier chiffre inscrit. Les écarts pour cette longueur d'onde ne dépassent qu'exceptionnellement 0,05 dans tout l'intervalle de 0 à 200^{mm}.

Mercure, 546,1. — La longueur d'onde que l'on doit admettre de préférence est $546^{m\mu}$,07430, avec laquelle les corrections à apporter aux excédents fractionnaires sont à peu près négligeables (inférieures à 0,03), jusqu'à 45^{mm}. Au delà de cette différence de marche, la courbe, très contournée mais parfaitement continue sauf en un point (disparition des interférences entre 186^{mm},5 et 188^{mm},5), à laquelle ont abouti ces expériences, est indispensable.

Mercure, 577,0. — Les présentes expériences confirment la longueur d'onde $576^{m\mu}$,95996, que j'avais proposée pour la radiation principale. Les oscillations autour de la droite correspondant à cette valeur sont faibles (correction maxima 0,07λ); elles sont dues sans doute aux satellites d'amplitude voisine et disposés à peu près symétriquement, dont les effets se neutralisent à très peu près jusqu'à 90^{mm}.

Mercure, raie 579,1. — Confirmation de la longueur d'onde de la radiation principale $579^{m\mu}$,06638. En prenant cette valeur, les écarts des excédents fractionnaires dépassent fréquemment 0,07; il est prudent d'utiliser à toutes différences de marche la courbe de correction qui affecte l'allure d'une sinusoïde s'amplifiant à grande distance, et due vraisemblablement aux satellites les plus intenses, à peu près symétriques.

Krypton, raie 557,0. — Confirmation de la longueur d'onde de la radiation principale $557^{m\mu}$,02892. Dispersion des points atteignant 0,07 et parfois même 0,10λ, due aux deux satellites assez écartés, précédemment signalés et dont la présence a été vérifiée. Raie précieuse par sa finesse extrême dans la recherche des entiers des ordres d'interférence élevés, mais qui, à moins d'employer une fente très étroite capable d'arrêter les satellites en question, ne peut donner par elle seule une grande précision.

Krypton, 587,1. — Longueur d'onde de la radiation principale $587^{m\mu}$,09154 confirmée. Remarques analogues à celle de la raie précédente.

Xénon. — J'ai cherché à étudier les raies 462,4 467,1 et 473,4; mais toutes trois sont peu intenses et situées dans une région du spectre à laquelle l'œil n'est plus bien sensible; les observations n'ont pu dépasser la différence

de marche de 100^mm; elles ont seulement confirmé les longueurs d'onde 462^mμ,4275 467^mμ,1225 et 473^mμ,4154 données par M. W.-F. Meggers.

Il convient de remarquer que de toutes les radiations passées en revue dans la présente Note, dont certaines étaient observées en bout de tubes capillaires, aucune n'a paru donner lieu à un phénomène de renversement spontané.

PHOTOCHIMIE. — *Sur une action spéciale des radiations de l'arc au mercure.* Note de M. **Émile Rousseau**, présentée par M. Guignard.

Jean Lecarme([1]) a émis l'hypothèse de la présence d'une radiation solaire inconnue pour interpréter les résultats de ses recherches faites au mont Blanc, où cet auteur exposa aux radiations ultraviolettes du soleil une solution d'acide oxalique pur, additionnée d'une trace de sel d'urane (résonateur). Sous l'influence de ces radiations, l'acide oxalique est très rapidement décomposé, alors que sa vitesse de destruction est extrêmement réduite quand on irradie la même liqueur, soit avec une lampe à arc, soit avec une lampe à vapeurs de mercure.

Des recherches que nous avons entreprises avec cette lampe, mais en employant un réactif différent, beaucoup plus sensible à l'action de la lumière ultraviolette, il semble qu'une hypothèse identique à celle de J. Lecarme puisse être envisagée à la suite des résultats que nous avons obtenus en irradiant la solution suivante, préparée à froid (+10°), en flacon fermé, à l'abri de la lumière :

Phosphate monocalcique cristallisé		10^g
Acide phosphorique pur à 60°		1^{cm^3}
Eau de laurier-cerise (Codex)	q. s. p.	100^{cm^3}

Tout d'abord l'examen spectroscopique de cette solution, filtrée très clairement, montre qu'elle est imperméable aux rayons ultraviolets; il en est de même d'ailleurs de la solution aqueuse, à 10 pour 100 de phosphate monocalcique.

La première solution, pour subir l'irradiation ultraviolette, a été répartie à la dose de 50^{cm^3} dans une série de quatre capsules de porcelaine, refroidies extérieurement par de l'eau, de même diamètre (100^{mm}) et leurs liquides

(1) J. Lecarme, *Les radiations ultraviolettes du Soleil aux grandes altitudes* (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1079).

furent recouverts complètement d'une nappe d'huile d'olives vierge, filtrée, occupant une hauteur de $2^{mm},5$ (dose 35^{cm^3} par capsule). Cette huile enfin, imperméable aux radiations ultraviolettes, a rempli ce double rôle : isoler le soluté calcique de l'air ionisé par les rayons ultraviolets, photochimiquement actifs [1], puis s'opposer à l'évaporation, même partielle, de l'acide cyanhydrique, sous l'influence de la chaleur de l'arc. Les quatre capsules enfin, placées sous un arc ultraviolet (340^{mm} de la surface de l'huile) fourni par une lampe Gallois (2,5 ampères, 110 volts aux bornes), reçurent simultanément l'irradiation de la lampe. Toutes les demi-heures, on enlevait une capsule dont une prise d'essai (25^{cm^3}), faite avec une pipette passée au travers de l'huile, servit au dosage de l'acide cyanhydrique restant dans les liqueurs, par le procédé de Denigès (Codex).

Pour effectuer ces dosages, nous avons dû adopter la technique suivante, nécessaire, pour se débarrasser du phosphate de calcium. Chaque prise d'essai fut additionnée de 40^{cm^3} d'eau distillée, de 20 gouttes de solution NaOH au $\frac{1}{10}$, enfin de 10^{cm^3} d'ammoniaque. Le précipité formé, colloïde, retenu par une filtration de la liqueur, fut lavé avec quantité suffisante d'eau distillée pour recueillir 120^{cm^3} de liqueur totale, à laquelle, en dernier lieu, nous ajoutions l'indicateur KI.

Dosages. — Titrage de l'eau de laurier-cerise : $103^{mm},68$. Après l'introduction du sel, et du fait de son volume, l'eau de laurier-cerise, ainsi diluée, n'accuse plus que $93^{mm},32$, puis le pouvoir catalytique de ce sel intervient pour diminuer les proportions d'acide cyanhydrique total qui se fixent à $58^{mm},32$; ce chiffre a été notre témoin de comparaison dans nos pourcentages.

	Température.	HCAz total restant en millig.	Pertes pour 100 en HCAz total.
Eau de laurier-cerise calcique	15,5	58,32	
Après une demi-heure d'irradiation	17,2	47,52	19,2
Après 1 heure	18,5	41,04	29,6
Après 1 heure et demie	19,8	36,72	37
Après 2 heures	20,2	30,24	48,1

Par conséquent, les pertes en HCAz total, après 2 heures d'action actinique, ont été de 48,1 pour 100.

Conclusions. — Ces résultats, dans lesquels le facteur thermique joue un

(1) E. Rousseau, *Activité photochimique de l'air irradié par les rayons ultraviolets* (*C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 26).

faible rôle, ne peuvent être interprétés qu'avec l'aide de l'une des deux hypothèses suivantes : ou bien, en raison de la teinte jaune vert de l'huile, et du fait de son imperméabilité aux rayons ultraviolets, ce sont les radiations visibles, allant du vert au rouge, et peut-être à l'infrarouge, qui engendrent des effets photolytiques, ou bien ils sont dus à la présence, dans la lumière fournie par l'arc de la lampe, d'une radiation photochimique inconnue, vraisemblablement analogue à celle qui a été envisagée par J. Lecarme dans son étude des radiations ultraviolettes solaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les tensions superficielles des mélanges hydro-alcooliques.* Note [1] de M. **Pierre Brun**, présentée par M. G. Urbain.

Au cours de l'étude que nous poursuivons des mélanges hydro-alcooliques, nous avons été conduits à rechercher un procédé physique d'analyse rapide de ces mélanges. L'étude des variations de leurs densités et de leurs indices de réfractions en fonction de leurs compositions, que nous avons signalée dans une Note précédente [2], nous a permis, dans nos graphiques triangulaires, de tracer pour ces mélanges des réseaux superposés de courbes d'isodensités et d'isoréfractions, dont les intersections nous déterminent ainsi la composition des mélanges inconnus.

Nous avons remarqué que ce procédé ne peut donner des résultats précis que dans le cas des mélanges pauvres en eau : dans le cas contraire, en effet, les courbes considérées se coupent sous un angle trop faible. Nous avons donc songé à étudier une autre propriété de nos mélanges susceptible de nous rendre les mêmes services : la tension superficielle.

Nous nous sommes servi pour cette étude de la méthode du compte-gouttes, mise au point par M. Duclaux [3], méthode très précise si l'on tient compte des précautions indiquées par MM, Guye et Perrot [4].

Divers expérimentateurs ont étudié déjà les variations de tension de mélanges ternaires, mais de mélanges entièrement miscibles. Par exemple, M. Whatmough [5] a étudié les mélanges d'acide acétique-benzène-iodure

---

(1) Séance du 14 février 1927.
(2) P. Brun, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1221.
(3) Duclaux, *Ann. de Phys. et Ch.*, 4e série, 21, 1870, p. 378.
(4) Guye et Perrot, *Journ. de Ch. Phys.*, 15, 1917, p. 174.
(5) Whatmough, *Zeitsch. f. Phys. Ch.*, 39, 1901, p. 193.

d'éthyle. Nous avons étudié comparativement des mélanges d'eau-alcool éthylique, avec un alcool entièrement miscible (propanol), peu miscible (isobutanol), non miscible (alcool isoamylique).

Nous avons constaté dans tous les cas, quel que soit le mélange d'alcool considéré, que l'addition d'eau à ce mélange change peu sa tension, tandis qu'une trace de liquides alcooliques amène des variations considérables de la tension superficielle de l'eau. Donc si l'on effectue des mesures avec des mélanges riches en alcools, l'influence de l'humidité de l'air est négligeable. Avec des mélanges riches en eau, il est indispensable d'opérer dans une enceinte saturée de vapeurs du liquide que l'on étudie.

Les graphiques ci-dessous donnent quelques résultats de nos recherches.

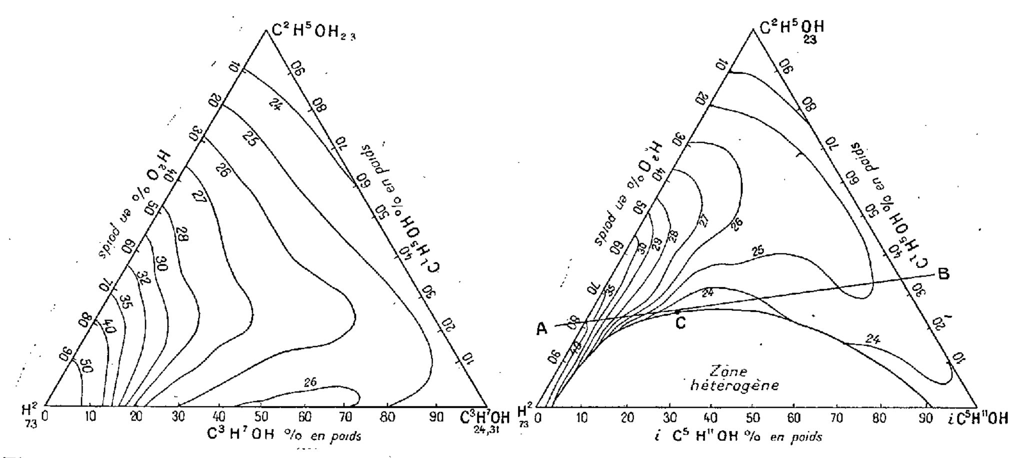


Fig. 1. — Tensions superficielles, à 15°, des mélanges d'eau-alcool éthylique, alcool propylique.

Fig. 2. — Tensions superficielles des mélanges d'eau-alcool éthylique, alcool iso-amylique.

Nous avons constaté que, pour les mélanges riches en eau, les courbes d'isotensions et les courbes d'isodensités, ou d'isoréfractions, se coupent en faisant entre elles des angles suffisants pour nous permettre de déterminer la composition de ces mélanges, ainsi que nous le désirions.

D'autre part, MM. Livingston et Morgan [1] ont cru pouvoir établir que les tensions superficielles suivaient la loi des mélanges, que l'on peut écrire :

$$A = aC_a + bC_b + cC_c + \ldots.$$

Le simple examen de nos graphiques nous montre que cette relation ne s'applique pas plus aux mélanges miscibles qu'à ceux non miscibles.

---

[1] LIVINGSTON et MORGAN, *Journ. of Ann. Ch. Soc.*, 39, 1917, p. 2261.

Enfin, dans le cas des mélanges du graphique 2, par exemple, si nous coupons la nappe représentative des tensions superficielles par un plan AB, normal au plan de la figure et tangent à la courbe de miscibilité au point critique, la section de cette nappe par ce plan nous donnera la courbe figurée dans le graphique 3.

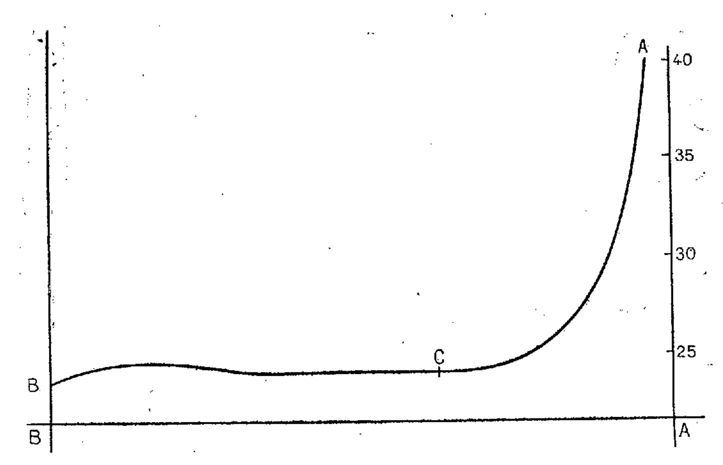


Fig. 3. — Section de la nappe représentative des tensions superficielles, par le plan ACB.

Nous remarquerons d'abord l'existence, au point critique, du palier rectiligne que nous avons déjà signalé dans un travail antérieur ([1]). Nous remarquerons enfin la ressemblance entre cette courbe et celles obtenues par M. Antonov ([2]). Nous avons donc étendu au cas de trois liquides les résultats obtenus par ce chimiste dans le cas de deux constituants seulement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et composition des phospho et arsénio-conjugués céruléo-molybdique cristallisés.* Note de M. **G. Denigès**, présentée par M. Moureu.

J'ai obtenu, cristallisé, le composé phosphomolybdique bleu, dont j'ai antérieurement ([3]) signalé la formation, en opérant comme suit :

([1]) P. Brun, *Comptes rendus*, 180, 1926, p. 1221.

([2]) Antonov, *J. de Chim. Phys.*, 5, 1907, p. 254.

([3]) G. Denigès, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 802.

Faire dissoudre 3g,40 de molybdate de sodium du commerce dans 175cm³ d'eau et ajouter 25cm³ d'acide sulfurique pur. 50cm³ de ce mélange, mis dans un matras d'environ un demi-litre, sont additionnés de 5cm³ d'une solution à 14 pour 100 de PO^4Na^2H cristallisé. On porte à l'ébullition et l'on projette 0g,05 de feuille mince d'aluminium (¹) dans le récipient qu'on met, immédiatement, en communication avec un réfrigérant à reflux. L'ébullition est maintenue durant 6 minutes, *après sa reprise*. On enlève le matras et l'on refroidit, *rapidement*, son contenu devenu bleu. Le liquide froid est versé dans un flacon de 250cm³ renfermant 75cm³ d'éther à 66°. On bouche le récipient et agite violemment, pendant au moins une minute puis on introduit, dans une boule à séparation, le mélange qui se divise très vite en deux couches. On évacue la couche aqueuse inférieure, d'une teinte jaune brunâtre, et l'on fait écouler, sur un filtre, la couche éthérée bleue qui est reçue dans un flacon de 400 à 500g. On répète quatre fois cette opération. L'ensemble des liquides éthérés, bleus, est vivement agité, dans leur récipient même, avec 40cm³ d'eau (²). Dans ces conditions, le composé bleu passe complètement dans cette eau. Cette dernière, séparée de l'éther surnageant, est évaporée d'abord au bain-marie, sous un entonnoir renversé amenant CO^2, puis dans le vide sec. Elle laisse un résidu, bleu foncé, formé de petits cristaux du système hexagonal.

Il est aisé de montrer l'état cristallin du produit en laissant évaporer spontanément, sur une lame de verre, 1 goutte de sa solution bleue. L'examen au microscope, du résidu, montre un grand nombre de lamelles hexagonales, très nettes, d'un beau bleu saphir. Si, sur ce résidu, on dépose une goutte de réactif sulfo-nitro-molybdique, la formation — rapide à chaud — de phosphomolybdate ammonique jaune, prouve la présence d'ion phosphorique dans le composé bleu.

L'analyse quantitative, qu'on peut pratiquer sur la solution bleue elle-même (dessiccation à 100° puis calcination en présence de CO^2, sur 20cm³ de liquide, détermination par MnO^4K, de Mo^{IV}, sur 10 autres centimètres cubes, dosage de P et de Mo total dans le liquide ainsi oxydé), a montré que ce composé contenait : 1° un atome de P pour 10 de Mo ; 2° un atome de Mo^{IV}, du type MoO^2, pour 4 atomes de Mo^{VI} du type MoO^3, comme dans le bleu de molybdène ainsi que l'a démontré M. Guichard.

La formule $[4(MoO^3).MoO^2]^2PO^4H^3.4H^2O$ répond bien aux données expérimentales :

	Trouvé pour 100.	Calculé pour 100.
Molybdène total	60,67	60,83
Molybdène tétravalent	11,43	12,16
Phosphore	1,91	1,96
Eau	4,90	4,60

(¹) G. Denigès, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 330.

(²) On peut même réduire le volume d'eau à 25cm³.

C'est donc un phospho conjugué du bleu de molybdène ordinaire

$$4(MoO^3).MoO^2,$$

c'est-à-dire un phosphomolybdate de molybdénile.

Il est soluble dans l'eau, l'éther, les alcools méthylique et éthylique, l'acétone et l'acide acétique, insoluble dans le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, le benzène, le toluène, l'éther de pétrole et la pyridine. L'eau l'enlève à des solutions éthérées. C'est l'inverse lorsqu'une solution aqueuse du produit est suffisamment acidulée et agitée avec de l'éther.

Je propose d'appeler ce composé *phospho-conjugué céruléo-molybdique*. C'est lui qui se forme toutes les fois que MoO^3 est réduit en présence d'ion PO^4 et qu'on confond habituellement, avec le bleu de molybdène, dans les publications où cette réaction est utilisée pour doser certains produits réducteurs.

J'ai également isolé un *arsénio-conjugué céruléo-molybdique*, tout à fait semblable, par sa composition et ses propriétés, au précédent, en remplaçant simplement, dans sa préparation, PO^4Na^2H par une dose équivalente de AsO^4Na^2H.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens sur les* N-*tétréthylphtalamides*. Note de M. N. Maxim, présentée par M. Béhal.

Dans une Note précédente [1], j'ai montré que les dérivés organomagnésiens réagissent normalement sur les monoamides N-diéthylées aromatiques en donnant exclusivement des cétones. J'ai étudié la même réaction avec les tétréthyldiamides ortho-, iso- et téréphtaliques. Avec la N-tétréthylisophtalamide (F : 85°) et avec son isomère para (F : 127°), on obtient un mélange de cétone-amide (I) et de dicétone (II), quand on les traite par le bromure d'éthylmagnésium :

$$C^6H^4[CO-N(C^2H^5)^2]^2 + BrMgC^2H^5 \rightarrow \begin{cases} C^2H^5-CO-C^6H^4-CO-N(C^2H^5)^2 & \text{(I) 15-20 pour 100.} \\ C^6H^4(CO-C^2H^5)^2 & \text{(II) 25-30 pour 100.} \end{cases}$$

La métapropionylbenzodiéthylamide bout à 205° sous 10^mm; sa semicarbazone fond à 145°. Le *m*-dipropionylbenzène fond à 34° et donne une

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1393.

disemicarbazone qui fond à 222°. La *p*-propionylbenzodiéthylamide fond à 82°; sa semicarbazone fond à 175° et son oxime, à 105°. Le *p*-dipropionylbenzène fond à 100°; sa disemicarbazone fond à 226°.

Dans le cas des N-tétréthyl-*o*-phtalamide, il se forme un mélange de cétone-amide (III) et de diéthylphtalide (IV) :

$$C^2H^5 - CO - C^6H^4 - CO - K(C^2H^5)^2 \quad \text{(III) 10 pour 100.} \qquad C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C(C^2H^5)^2\\CO\end{matrix}\right\rangle O \quad \text{(IV) 15 pour 100.}$$

L'*o*-propionylbenzodiéthylamide bout à 186° sous 15mm; sa semicarbazone fond à 195° et son oxime à 110°.

La tétréthyl-*o*-phtalamide a été préparée par action de la diéthylamine sur le chlorure de phtalyle; elle fond à 36° et bout à 204° sous 10mm. Or, jusqu'en 1912, on admettait que le chlorure de phtalyle réagissait, soit sous forme dissymétrique (VI), soit sous forme symétrique (V), soit comme un mélange de ces deux formes (¹) :

$$C^6H^4(COCl)^2(1.2) \quad \text{(V).} \qquad C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CCl^2\\CO\end{matrix}\right\rangle O \quad \text{(VI).}$$

J. Scheiber et Ott ont montré que l'action de PCl^5 sur l'anhydride phtalique donne le chlorure symétrique, qui fond à 10-11°. Celui-ci, sous l'influence du chlorure d'aluminium, se transforme en chlorure asymétrique fondant à 88-89° et qui, par distillation, repasse à la forme symétrique. Contrairement à Piutti (²), nous admettrons donc pour les diamides *o*-phtaliques la formule (VIII) et non pas (VII) :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C(NR^2)^2\\CO\end{matrix}\right\rangle O \quad \text{(VII).} \qquad C^6H^4[CO - NR^2]^2(1.2) \quad \text{(VIII).}$$

Seule, en effet, elle explique facilement la formation de la cétone amide. Quant à la diéthylphtalide, elle résulte du passage d'une fonction amide à l'état alcool tertiaire, avec action consécutive de la seconde fonction amide

---

(¹) Ador, *Berichte*, **13**, 1880, p. 323. — V. Meyer, *Berichte*, **17**, 1884, p. 817. — V. Auger, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, **22**, 1891, p. 304. — Kuhara, *Centralblatt*, 1901, (II), p. 1346. — Hoogewerf et Van Dorp, *Tr. ch. P.-Bas*, **11**, 1892, p. 100. — J. Scheiber, *Centralblatt*, 1912, p. 29 et 918. — E. Ott, *Lieb. Ann.*, **392**, 1912, p. 245.

(²) *Lieb. Ann.*, **227**, 1885, p. 193.

sur cette dernière :

$$C^6H^4\begin{cases} C(C^2H^5)^2-O-MgBr \\ CO-N(C^2H^5)^2 \end{cases} \rightarrow C^6H^4\begin{cases} C(C^2H^5)^2 \\ CO \end{cases}O + (C^2H^5)^2N-MgBr.$$

Le bromure de phénylmagnésium ne réagit pas sur les N-tétréthylphtalamides.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Expériences sur la propagation des ondes radiotélégraphiques en altitude.* Note de MM. **P. Idrac** et **R. Bureau**, présentée par M. G. Ferrié.

En vue d'étudier la propagation des ondes courtes en fonction de l'altitude à laquelle elles sont émises, nous avons étendu aux recherches sur la propagation de ces ondes la méthode des sondages aérologiques par ballons-sonde; les expériences ont été faites à l'Observatoire de Trappes.

Les appareils sont suspendus à deux ballons en caoutchouc jumelés. A une certaine altitude, l'un des ballons éclate, l'autre joue le rôle de parachute à la descente et de signal à l'arrivée au sol pour retrouver les objets (¹).

Le dispositif suspendu aux ballons comporte :

a. Une antenne verticale de $10^m,50$ portant à son extrémité inférieure le poste émetteur.

b. Le poste émetteur constitué par une hétérodyne, une batterie de piles sèches (20 volts), un accumulateur (4 volts, 3 amp.-heure) et un moulinet actionnant un manipulateur. La puissance-alimentation est de près de 4 watts.

c. Un contrepoids vertical de $10^m,50$ pendant sous le poste émetteur.

L'ensemble qui pourra être encore allégé pèse $2^{kg},700$. La force ascensionnelle restant disponible est de $2^{kg},300$, ce qui donne une vitesse verticale moyenne légèrement supérieure à 200^m à la minute. Cette vitesse a pu être vérifiée dans les sondages par la vitesse de manipulation, le moulinet, pour une altitude donnée, tournant d'autant plus vite que la vitesse verticale du

(¹) Ces ballons jumelés côte à côte, utilisés depuis quelque temps à Trappes, présentent l'avantage d'une grande stabilité et évitent les secousses de l'appareil qui se produisent avec la méthode habituelle des ballons en tandem.

ballon est plus grande [1]. Les signaux transmis sont dissymétriques, ce qui permet de distinguer ceux qui sont émis pendant la montée de ceux qui sont émis pendant la descente du ballon, le moulinet tournant en sens inverse à la descente.

Après plusieurs séries d'essais préalables, soit au sol sur une antenne et une prise de terre ordinaires, soit en cerf-volant dans des conditions aussi voisines que possible de l'ascension définitive, deux sondages ont été effectués le 3 mars de 12^h à 14^h et le 7 mars de 10^h25^m à 12^h30^m, en vue de mettre la méthode entièrement au point. Les émissions, faites sur une longueur d'onde d'environ 42^m, étaient écoutées par plusieurs postes météorologiques ainsi que par différents amateurs radiotélégraphistes français. Des émissions de même longueur d'onde furent assurées au sol avant l'ascension soit avec une puissance de 4 watts, soit avec une puissance de 90 watts. On pouvait ainsi comparer les conditions de propagation de l'onde émise au sol et de l'onde émise en l'air. L'expérience a montré qu'elles peuvent être totalement différentes : certains postes récepteurs ont entendu l'onde au sol sans entendre l'onde en l'air; d'autres ont entendu l'onde en l'air, mais non pas l'onde au sol. Ces différences dans la propagation des deux ondes ont été observées à faible (10 à 20^{km}) et à grande distance (500^{km}).

De nombreux postes ont pu suivre l'émission à la montée et à la descente avec certaines lacunes dont la cause ne pourra être déterminée que dans des expériences ultérieures [2]. Les ballons du 8 mars, d'après la vitesse d'ascension obtenue et l'heure de renversement des signaux, ont atteint une altitude comprise entre 13 et 14^{km}. Ainsi fut probablement réalisée la première réception d'ondes émises dans la stratosphère.

Nous nous proposons maintenant d'entreprendre des séries de sondages analogues à différentes heures et sur diverses longueurs d'onde de manière à étudier systématiquement l'influence de l'altitude et celle de la structure de l'atmosphère sur la propagation des ondes.

---

(1) Ce procédé peut permettre, après étalonnage du moulinet, d'étudier la vitesse d'ascension du ballon par rapport à l'air.

(2) Les signaux ont été reçus en particulier à Trappes même, aux postes de l'Office National Météorologique à Saint-Cyr et Mourmelon, à Clamart (M. Colmant), à Ivry (M. Bottin), à la Réole (Gironde) (M. Casanave), à Mantallot (Côtes-du-Nord) (M. Jouffray).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1927. Note de MM. **L. Eblé** et **J. Itié**.

Les valeurs données ci-dessous, des éléments magnétiques au 1er janvier 1927, sont les moyennes de toutes les valeurs horaires relevées au magnétographe Mascart, pendant les mois de décembre 1926 et janvier 1927; elles résultent donc de 1488 lectures. Cette définition, que l'on adopte assez généralement pour les valeurs au 1er janvier, présente l'avantage d'éliminer d'une manière satisfaisante l'effet des perturbations magnétiques qui ont pu se produire aux environs de cette date; au contraire, la définition conservée jusqu'ici, et qui admettait pour valeurs au 1er janvier les moyennes des 48 lectures horaires faites les 31 décembre et 1er janvier, laisse subsister un doute important lorsque ces journées ont été tant soit peu anormales, comme le cas s'est produit précisément au 1er janvier 1927.

La variation séculaire des différents éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été calculées par le même procédé pour le 1er janvier 1926.

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux.

(Latitude : 48°49′15″; longitude : 2°0′52″ E. Gr.)

	Valeurs absolues pour l'époque 1927,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	11°37′,9	−12′,1
Inclinaison	64°39′,5	+ 0′,8
Composante horizontale	0,19657	+ 0,00016
» verticale	0,41507	+ 0,00058
» Nord	0,19253	+ 0,00029
» Ouest	0,03963	− 0,00064
Force totale	0,45926	+ 0,00058

HISTOLOGIE. — *Notes histologiques sur la Sensitive* (Mimosa pudica *L.*). Note de M. G. **Mangenot**, présentée par M. L. Mangin.

Haberlandt [1] a signalé la présence, dans le liber de la Sensitive, de cellules allongées, unies en files par des cloisons perforées de multiples trous très fins. Le rôle de ces cellules serait de conduire l'influx qui détermine, à quelque distance du point d'excitation, l'abaissement des feuilles et des folioles. En étudiant ces éléments au moyen des méthodes précises, on reconnaît que leur structure n'est pas celle que leur assignait Haberlandt.

Le cytoplasma de ces cellules, renfermant, outre un noyau sphérique, pourvu d'un seul nucléole, des chondriosomes granuleux ou bacilliformes, vésiculeux ou non (*fig.* 2), forme une mince enveloppe entourant une grande vacuole dépourvue de produits colorables. Aux deux extrémités de chaque cellule, ce cytoplasma est différencié en une membrane retenant intensément l'hématoxyline ferrique (*fig.* 1, 3); et, par *un seul* orifice ouvert dans la paroi mitoyenne, le protoplaste de l'une des deux cellules émet un prolongement qui vient toucher celui de la cellule contiguë; les deux membranes voisines se trouvent ainsi en contact intime; elles se gonflent (*fig.* 4); et ces deux petites masses ne paraissent bientôt plus former qu'un corps unique, reliant les protoplastes voisins (*fig.* 5, 6). Ces membranes protoplasmiques différenciées présentent tous les caractères des synapses existant entre les cellules du gonimoblaste des Floridées et au niveau des perforations des cribles libériens. Des composés phénoliques s'accumulent dans les cellules sénescentes; leur cytoplasma devient sidérophile et la liaison synaptique se relâche; l'un des protoplastes reste, toutefois, évaginé dans la cellule voisine (*fig.* 7).

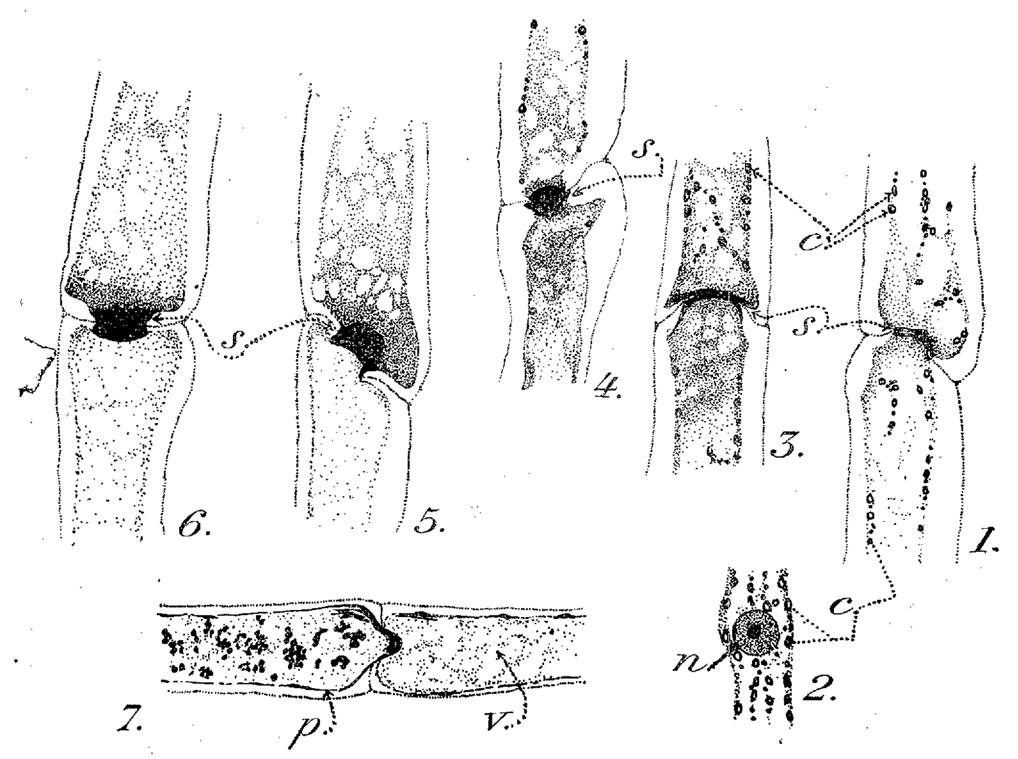
L'existence de synapses de ce type, c'est-à-dire de plasmodesmes différenciés, unissant des cellules disposées en files ramifiées, doit être soulignée. Elle signifie, en effet, comme l'ont montré des recherches récentes [2], que ces cellules sont le siège d'une circulation orientée dans un sens déterminé. Or ces dispositifs caractérisent ici un végétal réagissant à distance par des

---

[1] G. Haberlandt, *Die reizleitende Gewebesysteme d. Sinnpflanze*, Leipzig, 1890; 3 planches, 87 pages.

[2] G. Mangenot, *Rev. Algol.*, 1, 1924, p. 376-421; et *Bull. Hist. appl.*, 3, 1926, p. 1-18.

mouvements à des excitations. Et l'on peut émettre l'hypothèse que ces synapses ont pour rôle d'assurer la transmission du courant (substances dissoutes agissant comme « excitants », ou flux de nature plus complexe)



auquel obéissent les renflements moteurs de divers ordres. Certes, les expériences de certains physiologistes, tels que Ricca, tendent à exclure tout rôle joué par des éléments libériens dans la transmission de l'excitation chez *Mimosa* et à faire intervenir, dans l'explication de ce phénomène, des processus n'ayant aucune relation avec les plasmodesmes. Mais les recherches plus récentes de Herbert, de Snow, de Seidel, semblent, au contraire, démontrer que le liber est, dans la feuille, la voie exclusive de la transmission des stimuli et tient, dans la tige, un rôle réel, accessoire (Snow), ou capital (Seidel), dans l'accomplissement de ce phénomène. Il paraît indiqué, d'autre part, de comparer ces éléments spéciaux du liber de *M. pudica* aux cellules découvertes par Fenner chez *Drosophyllum lusitanicum* et dont la fonction est vraisemblablement, comme vient encore de l'admettre Quintanilha, de transmettre aux glandes sessiles l'excitation intervenue sur les tentacules sensibles.

Il faut enfin souligner la présence, dans les cellules spéciales de la Sensitive, d'une grande vacuole. Le rôle joué par les vacuoles dans l'appareil transmetteur de l'excitation paraît considérable. On connaît les modifications subies, sous l'influence d'une excitation, par les vacuoles anthocyaniques des cellules tentaculaires des *Drosera* (Darwin, de Vries, Dufrénoy); ces phénomènes existeraient aussi, selon Quintanilha, chez *Drosophyllum*. Enfin Steckbeck a signalé l'existence de processus du même ordre dans les cellules du renflement moteur de *Mimosa;* il suffira d'indiquer ici que les « aggregation bodies » vus par cet auteur sont, comme chez *Drosera* et *Drosophyllum*, des éléments du système vacuolaire (composés phénoliques) (1).

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur les localisations cérébrales chez les Poissons.* Note de M. et Mme **A. Chauchard**, présentée par M. Henneguy.

Examiné par sa face supérieure, un encéphale de Téléostéen présente trois portions bien distinctes : en avant, deux petites masses symétriques de dimensions très réduites, les hémisphères; dans la région moyenne, deux corps ovoïdes beaucoup plus développés, les lobes optiques; en arrière, le cervelet plus ou moins volumineux suivant les espèces. La portion antérieure fut d'abord considérée comme l'équivalent du cerveau antérieur des Mammifères. Par la suite les histologistes ont établi que le pallium, chez ces Poissons, n'est constitué que par une mince couche de cellules épithéliales recouvrant le ventricule du cerveau antérieur et qu'on ne peut l'assimiler au cortex des êtres plus évolués. Quant aux lobes optiques, Neumayer a montré qu'ils sont, anatomiquement, les homologues de la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux des Vertébrés supérieurs; physiologiquement, c'est à leur tectum que seraient dévolues les fonctions qui sont localisées, chez les Mammifères, dans l'écorce du télen-

---

(1) Ce sont ces composés phénoliques qui forment les globules vus par Bose et considérés par lui comme la substance « active » dont l'oxydation serait à l'origine des réactions présentées par le renflement moteur de *Mimosa*. Il convient d'ajouter que les données histologiques apportées par Bose au cours de ses études sur la Sensitive appellent de sérieuses réserves; et si la notion de synapse, récemment créée par lui, répond à une réalité, c'est là, sans doute, la conséquence d'un hasard plutôt que celle d'une étude des faits : les synapses de Bose sont des formations dont l'existence est postulée comme une nécessité théorique, mais que l'auteur semble n'avoir jamais vues.

céphale. Après que Fritsch et Hitzig eurent appliqué aux localisations corticales la méthode des excitations électriques, Ferrier étendit ses investigations du cerveau des Mammifères à celui des Vertébrés inférieurs. Sur des Poissons il excite les hémisphères : il observe des contractions simultanées des muscles du côté opposé du corps, de la queue et des nageoires, mais ne peut déterminer de localisation exacte. Ferrier utilisait comme appareil d'excitation la bobine d'induction; nous savons aujourd'hui que les contractions musculaires généralisées qu'il obtenait étaient dues à la diffusion du courant.

Nous nous sommes servi soit d'ondes rectangulaires fournies par une batterie d'accumulateurs en circuit avec un réducteur de potentiel, soit d'ondes de décharge de condensateurs. Nous avons étudié des Téléostéens (*Mugil auratus* et *M. cephalus*, *Trigla gurnardus*) et des Sélaciens (*Myliobatis aquila*, *Trygon vulgaris*). L'animal est fixé sur la plaque de liège d'une cuve à dissection remplie d'eau de mer, que l'on renouvelle fréquemment pour maintenir normale la respiration. On ouvre le crâne en évitant soigneusement les hémorragies. La tête est légèrement soulevée de manière que l'eau ne pénètre pas dans la cavité cranienne, ce qui, au moment des excitations, déterminerait une grande diffusion du courant électrique; puis, aux parties molles voisines de la brèche osseuse, on fixe l'électrode indifférente constituée par un crochet d'argent. Comme cathode, nous utilisons une électrode impolarisable d'Arsonval-Lapicque dans laquelle la solution physiologique est remplacée par de l'eau de mer. Un des avantages de cette électrode tient à ce que le coton qui établit le contact peut être effilé en pointe fine, condition indispensable pour chercher des points moteurs sur des surfaces de dimensions aussi réduites, tout en ne risquant pas de léser le cerveau à l'occasion des soubresauts de l'animal.

Nous avons d'abord porté nos stimulus sur les lobes antérieurs : il s'est produit sous leur influence des mouvements dans divers segments du corps, mais ces réponses ne sont pas nettement délimitées et il semble qu'elles soient dues à un simple phénomène de diffusion. Sur les lobes optiques au contraire, en nous plaçant toujours au seuil, nous avons observé des réponses nettes et bien localisées suivant les points excités.

Chez *Mugil auratus* ces points sont ainsi répartis pour chaque lobe : sur la ligne médiane, au niveau du bord antérieur du lobe, mouvement de la queue du côté opposé avec étalement de la nageoire caudale; sur cette même ligne, à l'union du tiers antérieur et du tiers moyen, redressement de la nageoire dorsale postérieure; à l'union du tiers moyen et du tiers postérieur, redressement de la nageoire dorsale antérieure;

en dehors et un peu en arrière de ce point, étalement de la nageoire pectorale croisée; sur le bord externe du lobe, en avant, rotation de la nageoire pectorale homolatérale; au milieu de ce bord, mouvements de l'œil. Chez *Trigla gurnardus*, l'excitation des points homologues détermine les mêmes mouvements. Ce Poisson possède un appareil locomoteur spécial qui lui permet de progresser sur les fonds, sorte de pattes provenant de la différenciation de nageoires : cet appareil est mis en mouvement par une excitation portée à la partie externe du lobe optique, un peu en avant du point qui correspond à la nageoire pectorale.

Les Sélaciens que nous avons étudiés (*Trygon, Myliobatis*) présentent un crâne volumineux et leur cavité cranienne est relativement vaste, mais l'encéphale n'en occupe qu'une partie; il est différent de celui des Téléostéens. Les lobes antérieurs sont représentés par un corps volumineux sans scissure médiane au contact de laquelle se trouve, en arrière, une masse oblongue, le cervelet, dont le segment antérieur forme une sorte d'éperon qui, soulevé, laisse apparaître les lobes optiques. Les nageoires ne sont pas individualisées; l'appareil de natation est constitué par des ailerons charnus amincis à leurs bords qui, chez *Trygon*, viennent se souder en avant de la tête. La partie postérieure du corps est terminée par une queue longue, effilée, extrêmement mobile. Chez ces animaux, l'excitation du lobe antérieur n'a pas été, pour des courants d'intensité convenable, plus efficace que chez les Poissons osseux.

Sur les lobes optiques, voici ce que nous avons obtenu : étagés d'avant en arrière sur la ligne médiane de chacun des lobes, les points correspondant aux mouvements croisés des divers segments de la queue de son extrémité libre à son point d'attache. En avant, de chaque côté de cette zone, mouvements de la portion antérieure de la nageoire : en dedans élévation, en dehors abaissement; le long du bord interne du lobe, à son tiers moyen, ondulation de la portion latérale croisée de la nageoire; en arrière de ce point, portion postérieure croisée; au même niveau, un peu en dehors, portion postérieure homolatérale; du côté externe du lobe, en son milieu, pointe de l'aileron homolatéral.

Divers expérimentateurs ont vu que, chez les Poissons, l'ablation des hémisphères n'entraîne pas une modification appréciable de la motilité volontaire, et qu'il faut, pour occasionner des troubles, détruire les lobes optiques. Ils en ont conclu que les fonctions qui appartiennent, chez les Vertébrés supérieurs, à l'écorce du télencéphale ont leur siège, chez les Poissons, dans les éléments nerveux du tectum des lobes optiques. Les faits que nous venons d'exposer sont en accord avec cette manière de voir.

PHYSIOLOGIE. — *L'excitation neuro-musculaire par les courants progressifs chez l'homme.* Note ([1]) de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. d'Arsonval.

Les recherches de Fick, de Von Kries, de Keith Lucas ont montré que les courants électriques à croissance linéaire n'excitent un muscle que si leur pente est supérieure à une certaine pente limite.

Afin d'éliminer l'influence de la conductibilité plus ou moins grande des tissus traversés et d'obtenir une constante de temps caractérisant bien l'excitabilité du muscle, nous proposons l'opération suivante :

Diviser le seuil de l'excitation galvanique exprimé en volts par la pente limite de la force électromotrice progressive actuellement utilisée. Le quotient a bien les dimensions d'un temps et, comme tel, peut servir au même titre que la chronaxie à préciser le degré d'excitabilité des muscles et des nerfs. Nous désignerons ce quotient $\left(\frac{\text{seuil}}{\text{pente limite}}\right)$ du nom de Constante linéaire (C. L.) de l'excitation.

L'usage des courants linéaires s'était jusqu'ici limité au laboratoire faute d'instruments précis et commodes. Les propriétés des lampes à deux électrodes nous ont permis d'établir un appareil assez simple grâce auquel le praticien pourra lire directement la C. L., sans autre calcul ni mesure, sur le cadran d'un milliampèremètre spécialement gradué à cet effet.

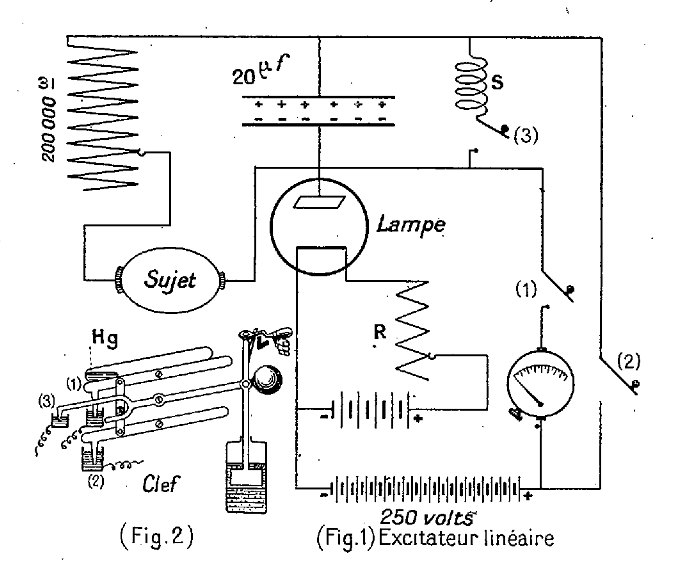
Le sujet est placé en série avec un rhéostat de 200000 ohms que l'on règle pour chaque muscle en sorte que la rhéobase voltaïque, recherchée comme dans l'électrodiagnostic ordinaire, soit toujours de 100 volts (dispositif non figuré). Il ne reste plus alors qu'à déterminer la pente limite dans les conditions actuelles. Le montage est le suivant : sujet et rhéostat, réglé comme il vient d'être dit, sont placés, par le jeu d'un commutateur, en dérivation aux bornes d'un condensateur de 20 microfarads, chargé linéairement dans le temps grâce au courant de saturation d'une lampe à deux électrodes, alimentée par une batterie de 250 volts (*fig.* 1).

On sait que le courant d'une telle lampe reste constant (saturation) pendant la majeure partie de la charge, une différence de potentiel d'une soixantaine de volts suffisant à assurer la saturation. Pour le montage actuel et avec un courant de charge de 20 milliampères, la saturation est

([1]) Séance du 21 février 1927.

réalisée pendant le premier cinquième de seconde de la charge, durée bien supérieure à celle requise pour exciter le muscle. Cette excitation est réalisée par le courant progressif linéaire fourni par le condensateur dont la charge et par suite le voltage entre armatures croît linéairement.

On gradue la pente de croissance en réglant le débit (I milliampère) de



(Fig. 2) (Fig. 1) Excitateur linéaire

la lampe au moyen du rhéostat de chauffage R de son filament. Ce débit I étant élevé (10 à 80 milliampères), la fuite que le courant d'excitation réalise entre les armatures du condensateur n'influe que très peu sur la croissance linéaire de son voltage (au bout de $\frac{1}{10}$ de seconde, l'erreur relative n'est que de $\frac{1}{20}$ pour un courant de charge de 20 milliampères, si la résistance : sujet + rhéostat = 100000 ohms).

L'admission du courant progressif et sa cessation ultérieure sont obtenus par la manœuvre de la clef (1) qui rompt un court circuit, puis de la clef (2) qui ouvre le circuit général et laisse le condensateur se décharger très lentement à travers le sujet, sans autre effet excitant. Nous avons établi une double clef (*fig.* 2) qui opère ces deux ouvertures d'un seul mouvement et avec la vitesse convenable pour ne point prolonger inutilement le passage du courant à travers le sujet.

Afin d'éviter des secousses de charge et de décharge successives au moment où l'on ramène la double clef dans sa position primitive, le levier spécial qui la manœuvre réalise au préalable la fermeture automatique d'un court circuit (3) entre les bornes du condensateur.

Ce court circuit porte un enroulement S ayant une certaine self qui supprime l'étincelle au cas où, en l'absence de sujet, le condensateur eût gardé sa charge.

La constante linéaire est donnée par la formule

$$\text{C. L.} = \frac{\text{seuil galvanique en volts} \times \text{capacité en microfarads}}{\text{intensité de charge I (en milliampères)}} \text{ en millièmes de seconde.}$$

Avec les caractéristiques qui ont été précédemment imposées, on aura simplement

$$\text{C. L.} = \frac{2000}{\text{I}} \text{ millièmes de seconde.}$$

Le milliampèremètre peut donc être gradué en millièmes de seconde et donner directement la C. L. sans calculs.

Exemple d'une détermination :

Biceps droit : 1° Seuil galvanique : 100 volts, obtenue en amenant le curseur du rhéostat sur le plot 45000 ohms, chiffre dont la lecture est du reste inutile.

2° Courant de saturation de la lampe : 60 milliampères (on le lit sans qu'il traverse le sujet, la clef 1 étant abaissée).

La formule donne $\text{C. L.} = \frac{2000}{60} = 33$ millièmes de seconde.

Nous publierons ultérieurement les chiffres des C. L. moyennes pour les divers muscles squelettiques de l'homme et leurs nerfs moteurs. Ils varient dans le même sens que les valeurs correspondantes de la chronaxie. En raison de sa lecture immédiate et de la facilité d'obtention de la C. L., surtout dans les états de dégénérescence où la chronaxie est difficile à évaluer, cette dernière ponrrait être remplacée par la constante que nous proposons.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le choc radiant.*

Note de MM. **J. Risler** et **Foveau de Courmelles**, présentée par M. Bazy.

La lumière sous ses diverses formes peut produire le choc radiant ; celui-ci est *primaire* quand la lumière suffit à elle seule pour déchaîner des réactions violentes accompagnées de fièvre intense, courbature, ébranlement général ; *secondaire* quand elle ne produit ces réactions qu'après injections ou ingestions de substances étrangères fluorescentes, métalliques ou organiques, badigeonnages cutanés, interventions chirurgicales, absorption d'aliments ou de médicaments ou toutes causes susceptibles de provoquer des réactions dont le seuil se trouve considérablement abaissé par l'énergie complémentaire de l'élément lumineux.

L'un de nous, Foveau de Courmelles (1904), a décrit les phénomènes apparus après l'irradiation de malades atteintes de fibromes, puis montré

les dangers de la superposition des chocs. On sait en effet qu'une opération bénigne peut avoir des conséquences graves, si elle est précédée ou suivie de séances de rayons X (Louis Bazy).

Les rayons X, le radium, les ultraviolets, les infrarouges en effet peuvent déclencher une sorte de photosensibilisation avec phénomènes nocifs ou bienfaisants selon les substances sensibilisantes employées et la pénétration des rayons. Notons ici que l'antagonisme des radiations signalé dès 1903 par Foveau de Courmelles a été utilisé en avril 1925 pour désensibiliser par l'orangé, le rouge et l'infrarouge dans les cas de radiodermites (J. Risler et Ch. Mondain).

Continuant nos expériences sur les phénomènes de choc, avec le concours de A. Philibert, nous avons voulu observer si la gravité des chocs par photosensibilisation après injection ou ingestion de substances fluorescentes était proportionnelle à la fréquence vibratoire des sources lumineuses d'émission. Pour cela, des souris injectées sous la peau, d'une substance fluorescente telle que le violet de méthyle, ont été soumises à l'action de lumières de *fréquences croissantes* telles que dans l'ordre :

1° Lampe infrarouge : $T = 1578°$ (T = température absolue, λ_m = longueur d'onde maximum), $\lambda_m = 1^\mu,8$.

2° Lampe à néon (350 bougies) : Intensité lumineuse calculée d'après la puissance absorbée.

3° Lampe ultraviolet : brûleur de quartz de Hanau (1200 bougies); type alternatif.

20 souris ont été exposées à ces rayonnements à des distances correspondant à l'énergie émise. Les résultats sont les suivants :

1° Les souris meurent sous le rayonnement ultraviolet dans des temps correspondant, en général, *entre* 8 *et* 20 *minutes*.

2° Sous la lumière du néon *entre* 20 *et* 35 *minutes*;

3° Sous le rayonnement infrarouge *entre* 1 *heure* 30 *minutes et* 4 *heures* 45 *minutes*.

Les souris témoins meurent au plus tôt en 4 jours.

On voit donc : 1° *que la rapidité avec laquelle les souris meurent croît avec la fréquence de la lumière d'excitation.*

Dans un autre ordre d'idée, nous avons voulu étudier le rôle que joue l'intensité de la lumière. A cet effet, nous avons exposé des souris, d'une part à la lumière du soleil correspondant au maximum de l'énergie de la journée (2^h de l'après-midi), d'autre part à la lumière diffuse du laboratoire. Ces souris qui ont été injectées comme les précédentes avec une solution aqueuse de violet de méthyle ($0^{cm^3},5$) sont mortes dans des

temps qui varient entre 35 et 55 minutes au soleil, et entre 2 heures et demie et 52 heures à la lumière diffuse.

On peut donc dire : 2° *que la gravité de certains chocs par injection ou ingestions de substances photo-électriques est proportionnelle à l'intensité de la lumière.*

Ces phénomènes expliquent le mécanisme des accidents de photosensibilisation dont sont souvent victimes des animaux ayant absorbé au soleil des herbes contenant des éléments fluorescents tels que, par exemple, le trèfle, le millepertuis, etc. A l'ombre, au contraire, ces accidents ne se produisent jamais.

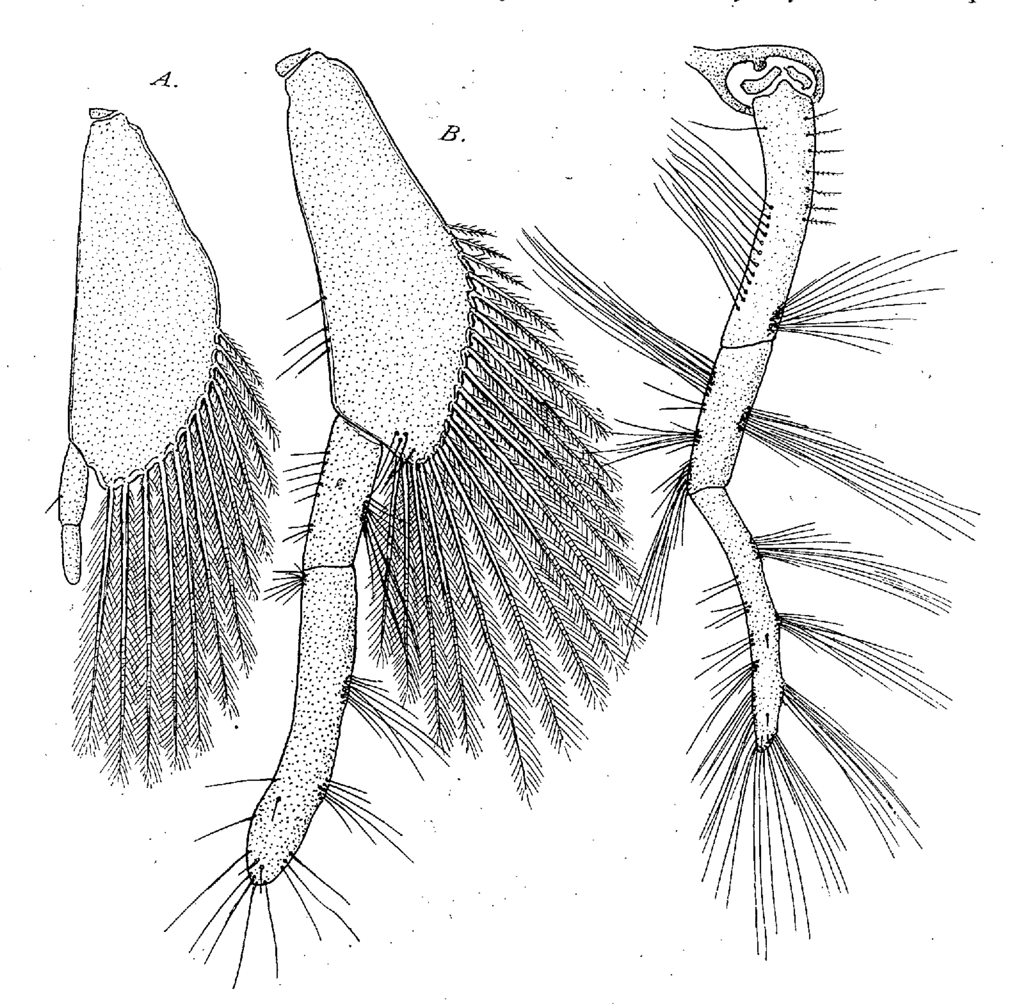
Ces constatations sont frappantes; elles éclairent aussi la pathologie et la thérapeutique par les substances fluorescentes, les colorants et les métaux dont l'action peut être d'origine photo-électrique (indépendamment de toute autre affinité moléculaire ou physico-chimique en présence des protéines).

ZOOLOGIE. — *Évolution postlarvaire des pléopodes chez les Galathées.* Note de M. **Charles Pérez**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On sait que, chez les Galathées, les deux sexes se distinguent nettement par la nature de leurs pléopodes. Chez le mâle, le premier et le second segment de l'abdomen portent chacun une paire d'appendices différenciés d'une manière spéciale, en rapport avec l'accouplement; les pléopodes 3 à 5, semblables entre eux, présentent un pédoncule foliacé, à légère concavité antérieure, sorte de raquette dissymétrique dont le bord interne, presque rectiligne, donne à peine insertion à quelques petites soies raides, tandis que le bord externe, convexe, porte, en éventail prolongeant la surface courbe du limbe, une vingtaine de fortes soies plumeuses, dont la hampe est multiarticulée dans sa partie distale; à la réunion de ces deux bords opposés s'insère, comme un petit doigt formé de deux phalanges, un endopodite rudimentaire. Chez la femelle, au contraire, le premier segment abdominal est toujours dépourvu d'appendice; et ce sont les segments 2 à 5 qui portent des pléopodes d'un même type, fausses pattes grêles (*fig.* C), abondamment pourvues de bouquets de longues soies capillaires, auxquelles les œufs sont retenus, lors de la ponte, par un prolongement pédiculé de leur coque. Le pléopode 2, court et styliforme, est relativement avorté par rapport aux trois suivants.

Cette opposition n'est pleinement réalisée que chez les individus adultes,

Chez les mâles la différenciation est très précoce : dès les stades les plus jeunes que l'on trouve installés sous les pierres de la côte, les appendices sexuels et les palettes suivantes sont déjà manifestes, avec leurs caractères bien reconnaissables. Mais chez les jeunes femelles le pléopode 2, celui qui



Galathea squamifera. Quatrième pléopode droit, vu par la face postérieure. A, chez une jeune femelle de 12^{mm} de longueur, × 53; B, chez une femelle de 25^{mm},5, × 28; C, chez une femelle adulte, de 45^{mm}, × 12.

sera plus tard relativement atrophié, est le seul à se présenter d'emblée sous son aspect normal, grêle et styliforme. Les appendices des segments 3 à 5 sont, au contraire, exactement du type mâle (*fig.* A); et cet état, qui donne aux jeunes femelles une sorte d'aspect gynandromorphe, se conserve

tel quel jusqu'à une taille assez notable. Ainsi par exemple, une *Galathea strigosa* (L.) de 35^{mm} de long, c'est-à-dire ayant presque atteint la moitié de sa taille définitive, présente encore des pléopodes de type mâle. C'est seulement plus tard que la femelle, arrivant à la puberté, acquiert le type définitif de son sexe, en passant par une période de transformation, où les pléopodes 3 à 5 sont d'aspect intersexué (*fig.* B). La figure ci-contre montre, chez la *G. squamifera* Leach, trois étapes successives d'un même appendice, représenté à des grossissements respectivement décroissants, de manière à ramener les dessins du pédoncule à peu près à la même longueur, et à rendre ainsi les changements de forme plus manifestes.

Des processus analogues s'observent aussi dans le genre *Munida*.

Ces faits sont essentiels à connaître pour la judicieuse interprétation des pléopodes de type intersexué que peuvent éventuellement présenter des Crustacés de cette famille porteurs de parasites, Épicarides ou Rhizocéphales.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur la gattine expérimentale du ver à soie.* Note de M. A. PAILLOT, présentée par M. P. Marchal.

Dans une Note précédente [1], nous avons démontré que la gattine était une maladie infectieuse causée par le *Streptococcus bombycis*. Deux auteurs italiens, S. Sartirana et A. Paccanaro, avaient déjà constaté en 1905 [2] que l'inoculation dans le vaisseau dorsal de vers à soie, de Streptocoques de culture pure, détermine la mort rapide de ces vers et que les microbes se concentrent dans le tube intestinal. Nos expériences d'inoculation ont été faites avec des Streptocoques de six origines différentes; les processus infectieux et les réactions tissulaires et cellulaires ont été les mêmes dans tous les lots en expériences. Ces processus et ces réactions présentent un certain nombre de particularités intéressantes qui permettent de considérer la gattine expérimentale comme une affection d'un type pathologique nouveau.

Peu après l'inoculation, les Streptocoques sont activement englobés par les micronucléocytes et peuvent même disparaître complètement du plasma; cependant les symptômes de la maladie sont toujours très nets et

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 251.
(2) *Centralbl. f. Bakt.*, I Abt., **40**, 1905-1906.

se manifestent après un intervalle qui ne dépasse guère deux jours. Les Streptocoques sont retenus non seulement par les micronucléocytes, mais aussi par d'autres cellules dont l'intervention dans les processus immunitaires est tout à fait inattendue : c'est ainsi qu'on observe, au contact intime de cellules péricardiales, musculaires, trachéales, d'énormes amas de Streptocoques résultant d'une véritable agglutination au contact de ces cellules. Des phénomènes de même nature ont été déjà observés chez certains Invertébrés marins par Cantacuzene qui les considère comme une réaction de défense antimicrobienne d'une nature particulière (immunité de contact). Dans la gattine expérimentale, les amas microbiens sont particulièrement nombreux et volumineux dans la région du vaisseau dorsal et dans celle de l'intestin moyen.

Les amas microbiens pénètrent dans les cellules au contact desquelles ils se forment, sans que ces derniers éléments interviennent activement dans le phénomène; on ne peut donc pas dire qu'il y a phagocytose au sens strict du mot; on ne peut de même assimiler le phénomène à un processus d'ordre parasitaire puisque les cellules ne paraissent nullement souffrir de la présence des Streptocoques et que leur structure n'est pas sensiblement modifiée. Il s'agit donc là d'une réaction immunitaire d'un type très particulier.

Dans la région de l'intestin moyen, la pénétration dans les fibres musculaires longitudinales n'est que passagère : les Streptocoques, toujours agglutinés, passent ensuite dans les fibres transversales de la tunique moyenne, puis arrivent au contact des cellules épithéliales; au lieu de s'insinuer entre ces cellules, ils s'introduisent directement dans leur cytoplasme sans déterminer de lésion grave, puis s'acheminent vers la lumière du tube intestinal. Ils sortent enfin des cellules et débouchent dans l'espace qui sépare la paroi épithéliale de la membrane péritrophique; aussitôt dans cet espace libre, les amas se désagrègent et les Streptocoques commencent à se multiplier. C'est à partir de ce moment qu'on observe, dans le noyau des cellules épithéliales de la région postérieure de l'intestin moyen, les premiers signes d'altération qui caractérisent la gattine. Le processus des altérations nucléaires diffère quelque peu de celui que nous avons fait connaître antérieurement; mais, au terme du processus, l'aspect des noyaux altérés est sensiblement le même dans la gattine expérimentale et dans la gattine ordinaire.

On peut observer, dans le voisinage du vaisseau dorsal, des amas plus ou moins volumineux d'amibocytes formant de véritables plasmodes; les Streptocoques paraissent détruits beaucoup plus rapidement dans ces plasmodes

que dans les micronucléocytes isolés; mais les cellules sont elles-mêmes détruites et ne jouent plus aucun rôle actif dans l'organisme.

Il résulte de nos expériences et observations que la destruction du noyau des cellules épithéliales est causée par une toxine microbienne qui n'est libérée, semble-t-il, qu'au moment où le Streptocoque se multiplie dans la lumière du tube digestif. Cette toxine ne se produit pas dans le sang du ver à soie, où cependant le microbe se multiplie, ni dans les cultures; en effet, l'inoculation ou l'ingestion de vieille culture en bouillon filtrée sur bougie de porcelaine ne détermine aucune lésion dans les cellules épithéliales de l'intestin moyen.

Par ses processus réactionnels tissulaires et cellulaires comme par ses caractères pathogéniques, la gattine expérimentale nous paraît représenter un type d'affection qui diffère nettement de ceux observés jusqu'ici chez les Insectes. Réactions de défense ou immunitaires et processus infectieux se confondent et ne représentent, en réalité, que des aspects différents d'un même phénomène physiologique conditionné lui-même par les lois physico-chimiques qui règlent les rapports réciproques de substances colloïdales différentes. Il y a réaction de défense lorsque les microbes sont définitivement immobilisés et perdent leur qualité de parasite : c'est le cas de l'englobement des Streptocoques par les micronucléocytes et, vraisemblablement aussi, par les cellules péricardiales et les cellules trachéales; mais lorsque la cellule est incapable de retenir les microbes, il y a processus infectieux : c'est le cas des cellules musculaires et des cellules épithéliales de l'intestin moyen.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de l'hémolyse par action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine.* Note de MM. **René Fabre** et **Henri Simonnet**, présentée par M. L. Guignard.

Dans une série de recherches, nous avons étudié l'hémolyse par action photosensibilisatrice de l'hématoporphyrine, et nous avons mis en évidence le rôle empêchant que le cholestérol paraît posséder sur ce phénomène [1].

Désirant approfondir le mécanisme de cette forme d'hémolyse, nous avons recherché quelle pouvait être l'action d'un autre constituant lipoïdique important du globule rouge, la lécithine.

---

[1] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 241; *Annales de Physiologie et de Physico-Chimie biologique*, **2**, 1926, p. 189.

A cet effet nous avons préparé une suspension de lécithine à 1 pour 50, dans l'eau salée à 8 pour 1000. Cette lécithine a été purifiée pour la débarrasser du cholestérol dont la plupart des échantillons du commerce sont souillés (¹). 5^{cm^3} de l'émulsion sont additionnés de $0^{cm^3},5$ d'une solution d'hématoporphyrine à 2 pour 1000. Ce mélange, contenu dans un tube de verre disposé sous une couche d'eau de 15^{mm} d'épaisseur, est irradié au moyen d'une lampe George à vapeurs de mercure, placée à 50^{cm}, et fonctionnant sous 110 volts et 3,5 ampères. L'irradiation dure 60 minutes. Une suspension d'hématies de chien à 2 pour 1000 dans du sérum de Ringer non glucosé est additionnée de 5 gouttes de l'émulsion de lécithine irradiée, et le mélange est conservé à l'obscurité à une température de 15°. On a préparé parallèlement, dans les mêmes conditions opératoires, quatre témoins comprenant : une suspension globulaire additionnée d'hématoporphyrine, une suspension de lécithine contenant de l'hématoporphyrine, mais n'ayant pas été irradiée, une suspension de lécithine ne contenant pas d'hématoporphyrine, mais ayant subi l'irradiation, enfin une suspension de lécithine simple, non irradiée. Dans ces conditions, l'hémolyse est totale, après 70 minutes, dans les tubes contenant la lécithine irradiée en présence d'hématoporphyrine, tandis que, dans les autres tubes, l'hémolyse n'est pas perceptible après 5 heures.

Dans une autre série d'expériences, la lécithine a été irradiée en solution alcoolique; les résultats ont été de même ordre.

Ainsi, dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, la lécithine, en présence d'hématoporphyrine, subit, sous l'influence de l'irradiation, une transformation qui lui confère un pouvoir hémolytique qu'elle n'acquiert pas par l'irradiation simple.

Nous avons cherché à connaître la nature de cette transformation. Pour cela, 5^{cm^3} de suspension globulaire à 5 pour 1.000, dans le sérum salé à 8 pour 1000, sont additionnés de 5 gouttes de l'une des solutions préparées de la façon suivante :

1° *Solution* A. — 50^{cm^3} de solution alcoolique de lécithine à 4 pour 100 sont additionnés de 1 pour 100 d'hématoporphyrine. Le liquide est irradié dans un cristallisoir de 20^{cm} de diamètre, pendant 6 heures, dans les conditions indiquées précédemment. La solution est évaporée sous pression réduite, et le résidu est repris par 5^{cm^3} d'alcool

---

(¹) René Fabre, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 679.

absolu. Par addition de 125$^{cm^3}$ d'éther anhydre, il apparaît un louche faible; après repos, filtration et lavage à l'éther anhydre, le précipité retenu sur le filtre ou sur les parois du ballon, est traité par 3$^{cm^3}$ de sérum salé qui fournit une liqueur légèrement opalescente constituant la *solution* A.

2° *Solution* B. — Le filtrat éthéro-alcoolique précédent est évaporé sous pression réduite, et le résidu est repris par le sérum salé de façon à donner une suspension au cinquantième (*solution* B).

3° *Solution* C. — 50$^{cm^3}$ de solution alcoolique de lécithine à 4 pour 100, sont irradiés comme dans l'essai A, mais sans addition d'hématoporphyrine. Le résidu provenant de l'élimination du solvant, et repris par 5$^{cm^3}$ d'alcool absolu, donne une solution demeurant parfaitement limpide par addition de 125$^{cm^3}$ d'éther anhydre. La liqueur est évaporée et le résidu donne une suspension au cinquantième dans le sérum salé, en opérant comme pour la solution B. On obtient ainsi la *solution* C.

Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Solutions employées.	Temps minimum d'hémolyse totale à l'obscurité (¹).
Solution A	20 minutes
Solution B	25 minutes
Solution C	plus de 20 heures

Il est donc possible de séparer de la lécithine irradiée en présence d'hématoporphyrine un produit hémolytique. L'étude de cette substance nous montrera quels sont ses rapports avec la lysocithine, dont le rôle dans l'hémolyse par le venin de cobra a été démontré par Delezenne et Fourneau (²).

La séance est levée à 16^{h}15^m.

E. P.

(¹) Par addition de 5 gouttes de chaque solution à 5$^{cm^3}$ de suspension globulaire à 5 pour 1000.

(²) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 15, 1914, p. 424.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926 (*suite*).

Annuaire de l'Académie royale... de Belgique. Bruxelles.
Annuaire de la fondation Thiers. Issoudun.
Annuaire de la Marine. Paris.
Annuaire de l'Institut de Physique du globe. Strasbourg.
Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique. Bruxelles.
Annuaire du Bureau des Longitudes. Paris.
Annuaire du Collège de France. Paris.
Annual report of National Academy of science. Washington.
Annual report of the Adelaide Hospital. Adelaide.
Annual report of the astronomer-royal for Scotland. Edinburgh.
Annual report of the board of Regents of the Smithsonian Institution. Washington.
Annual report of the director of the astronomical Observatory of Harvard College. Cambridge (Massachusetts).
Annual report of the director of the Geodetic Survey of Canada. Ottawa.
Annual report of the meteorological Committee to the Air Council. London.
Annual report of the naval Observatory. Washington.
Annual report of the work General Department of Scientific Research Saito Ho-On Kai. (The Saito gratitude Foundation) Sendai.
Annuario publicado pelo Observatorio nacional do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
Anthropologie. Paris.
Anuario del Observatorio astronómico de Madrid. Madrid.
Anuario del Observatorio astronomico nacional de Tacubaya. Mexico.
Anuario meteorologico de Chile. Santiago.
Anuario-Universidad nacional de La Plata. La Plata.
A. O. F. Dakar.
Aperçu statistique du Commerce extérieur de la République tchécoslovaque. Prague.
Arbre (L'). Paris.
Arbre et l'eau (L'). Limoges.
Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. Alger.
Archives de l'Institut Pasteur de Tunis. Tunis.
Archives de médecine et de pharmacie militaires. Paris.
Archives de médecine et pharmacie navales. Paris.
Archives de morphologie générale et expérimentale. Paris.

Archives des Sciences biologiques (en russe). Leningrad.
Archives des Sciences physiques et naturelles. Genève.
Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux. La Haye.
Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles. La Haye.
Archives of dermatology and syphilology. Chicago.
Archivio di storia della scienza. Roma.
Archivio storico-civico di Milano. Milano.
Archiwum nauk biologicznych towarzystwa naukowego Warszawskiego. Lwow.
Arkiv för astronomi, botanik, fysik, matematik, mineralogi, zoologi. Stockholm.
Årsbok-Statens meteorologisk-hydrografiska Anstalt. Uppsala.
Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des mines. Paris.
Association de documentation scientifique, industrielle et commerciale (Bulletin). Paris.
Association française pour l'avancement des sciences (Bulletin). Paris.
Association française pour l'avancement des sciences (Compte rendu). Paris.
Association philotechnique de Puteaux pour l'instruction gratuite des adultes (Distribution des prix). Puteaux.
Astrological magazine. Madras.
Astronomical journal (The). Albany.
Astronomie (L'). Paris.
Astronomiska iakttagelser och undersœkningar a Stockholms observatorium. Stockholm.
Atti della fondazione scientifica Cagnola della sua istituzione in Poi (Milano).
Atti della pontificia Accademia delle scienze. Roma.
Atti della Pontificia Accademia delle scienze. Nuovi Lincei. Roma.
Atti della reale Accademia delle scienze di Torino. Torino.
Atti della reale Accademia nazionale dei Lincei (Rendiconti). Roma.
Atti del reale Istituto veneto di scienze, lettere ed arti. Venezia.
Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science. Adelaïde.
Australian science abstracts. Sydney.

Banque de France. Assemblée générale des actionnaires. Paris.
Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Bern.
Benjamin (Revue mensuelle). Paris.
Beskrivningar over mineralfyndigheter. Stockholm.
Bibliografia general española e hispano-americana. Madrid.
Bibliographie de la France. Paris.
Bibliographie scientifique française. Paris.
Bibliotheca Universitatis liberæ Polonæ. Warszawa.
Bibliothèque d'éducation scientifique. Paris.
Birmingham natural history and philosophical society (Proceedings. Annual report). Birmingham.
Boletim do Instituto Brasileiro de sciencias. Rio de Janeiro.
Boletim hebdomadario de estadistica demographo sanitaria. São-Paulo.
Boletim mensal de estatistica demographo-sanitaria de São-Paulo. São-Paulo.
Boletin de la real Sociedad española de historia natural. Madrid.
Boletin de la real Sociedad geografica. Madrid.

Boletin del Observatorio nacional. Habana.
Boletin de pescas. Madrid.
Boletin mensual (*Oficina meteorologica nacional*). Buenos-Aires.
Boletin oficial de la secretaria de agricultura y fomento. Mexico.
Boletin oficial de marcas y patentes. Habana.
Bollettino dell'Istituto agrario di Scandicci. Firenze.
Bollettino mensile (*Ufficio idrografico del Po*). Parma.
Bollettino ufficiale della R. Stazione sperimentale per l'industria delle essenze e dei derivati dagli agrumi. Reggio Calabria.
Bristish Astronomical Association. Handbook. London.
Brooklyn Museum Science Bulletin. Brooklyn.
Bulletin administratif de la Cochinchine. Saïgon.
Bulletin bimestriel de la Société de topographie de France. Paris.
Bulletin de l'Académie de médecine. Paris.
Bulletin de l'Académie des sciences de l'Union des Républiques soviétiques socialistes. Leningrad.
Bulletin de l'Académie malgache. Tananarive.
Bulletin de l'Académie royale de Médecine de Belgique. Bruxelles.
Bulletin de la Commission géologique de Finlande. Helsingfors.
Bulletin de la Société belge de géologie. Bruxelles.
Bulletin de la Société d'agriculture, science et arts de la Sarthe. Le Mans.
Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Paris.
Bulletin de la Société des agriculteurs de France. Paris.
Bulletin de la Société des amis des sciences naturelles de Rouen. Rouen.
Bulletin de la Société des sciences de Nancy. Nancy.
Bulletin de la Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne. Auxerre.
Bulletin de la Société des sciences naturelles du Maroc. Rabat.
Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Colmar. Colmar.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 7 mars 1927.)

Notice nécrologique sur *Charles Graebe* :

Page 558, ligne 3, ***au lieu de*** à force d'ingénuité, ***lire*** à force d'ingéniosité.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 MARS 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le bureau le volume intitulé : *Sadi Carnot; biographie et manuscrit*, s'exprime comme il suit :

En 1878, M. Hippolyte Carnot faisait don à l'Académie des Sciences de quelques papiers de son frère Sadi Carnot, comprenant le manuscrit du Mémoire intitulé *Réflexions sur la puissance motrice du feu* et d'autres autographes inédits.

Le livre sur la puissance motrice du feu fut imprimé pour la première fois en 1824, mais cet ouvrage célèbre, qui a ouvert à la science des voies entièrement nouvelles, avait été tiré à peu d'exemplaires, et il était resté longtemps inconnu, malgré un commentaire de Clapeyron en 1834. Sir William Thomson, qui fut un des premiers à signaler l'importance fondamentale du Mémoire de Carnot, aimait à raconter les vains efforts qu'il fit à Paris en 1844 pour le trouver; c'était toujours, disait-il, un volume de Sociologie d'Hippolyte Carnot, que lui présentaient les libraires auxquels il s'adressait.

Les *Réflexions sur la puissance motrice du feu* ont été réimprimées en 1872 dans les *Annales de l'École Normale supérieure*, et en 1878 paraissait un extrait des Notes restées jusque-là inédites. L'Académie a pensé qu'il y avait le plus grand intérêt pour l'histoire de la science à ce que ces Notes posthumes fussent publiées dans leur intégrité; c'est le principal objet du présent Volume. Dans son Mémoire de 1824, Sadi Carnot raisonne encore dans l'hypothèse généralement admise à cette époque que le calorique serait un agent indestructible, susceptible de passer d'un corps à un autre ou de rester latent; il ne lui échappe pas cependant que les principes de la

théorie de la chaleur auraient besoin de l'examen le plus attentif, et il écrit que la base sur laquelle repose cette théorie ne lui paraît pas inébranlable. On ne peut savoir exactement à quelles dates ont été écrites les Notes dont on va lire le texte complet; il semble toutefois à certains indices que plusieurs d'entre elles soient de la même époque que le Mémoire de 1824, et l'on se rappelle que leur auteur fut enlevé en 1832 par une mort prématurée.

Nous ne pouvons douter que Sadi Carnot ait découvert, non seulement ce que l'on appelle communément le second principe de la thermodynamique, mais aussi le premier principe ou principe de l'équivalence de la chaleur et du travail, et Lord Kelvin a pu dire très justement qu'il n'est rien de plus grand dans la science que l'œuvre de Sadi Carnot. Que de tâtonnements eussent été évités dans la fondation de l'Énergétique, si les Notes posthumes de l'auteur des *Réflexions sur la puissance motrice du feu* avaient été publiées quelques années après sa mort!

On reproduit au début de ce Volume la lettre dans laquelle Hippolyte Carnot fait don à l'Académie des papiers inédits de son frère, ainsi que la Notice biographique qu'il lui a consacrée. Quant aux Notes posthumes, elles sont publiées ici sous deux formes différentes : tout d'abord une reproduction photographique complète de ces précieux fragments, et ensuite un texte imprimé dont la lecture est plus facile en quelques passages.

Dans une Note des *Comptes rendus* du 17 mars 1919, M. C. Raveau, qui avait pu consulter les manuscrits de Carnot, a appelé l'attention sur une page d'une importance capitale, où est tracé le plan d'une expérience réalisée par Joule et Thomson en 1854. Il y a montré en outre comment Carnot a calculé l'équivalent mécanique de la chaleur, et il a comparé les méthodes suivies pour ce calcul par Carnot et plus tard par Robert Mayer. M. C. Raveau s'est efforcé aussi de retrouver dans quel ordre chronologique ont dû se suivre les différentes parties du manuscrit. Il a, sur ma demande, exposé ces différents points dans la Notice qui précède la reproduction.

La librairie Gauthier-Villars, désirant s'associer à l'hommage que l'Académie rend à la mémoire de Sadi Carnot, a donné tous ses soins à la reproduction du manuscrit, et a édité avec luxe cet Ouvrage. Nous sommes heureux de l'en remercier ici.

CHIMIE MINÉRALE. — *Propriétés réductrices du glucinium. Isolement du baryum, du magnésium, du potassium et de l'aluminium.* Note de M. C. MATIGNON et de Mlle G. MARCHAL.

La grande chaleur d'oxydation du glucinium [1] (140^{cal}, 15 pour un atome d'oxygène) impose à ce métal des propriétés très réductrices. Nous en avons fait l'application à la réduction de quelques oxydes.

I. *Action sur la baryte.* — La chaleur de formation de la baryte est inférieure à celle de la glucine, en outre le baryum est volatil alors que le glucinium n'émet aucune vapeur sensible. Le glucinium devait permettre d'isoler le baryum.

On comprime en pastilles solides un mélange intime de baryte et de glucinium en léger excès et on le chauffe dans le vide à 1220-1230°. A cet effet, ces pastilles sont placées dans un tube en fer fermé à l'une de ses extrémités et disposé dans l'intérieur d'un four électrique horizontal à tube, de manière que les pastilles se trouvent dans la région centrale du four, tandis que l'extrémité libre du tube en fer se prolonge dans les régions les moins chauffées du tube en porcelaine.

Le baryum mis en liberté distille et vient se condenser dans les régions froides du tube en fer, 3 parties de baryte et 0,24 de glucinium chauffées pendant une heure et demie ont permis de détacher du tube 1,4 partie de baryum.

L'analyse du produit résiduaire établit entre la baryte restante et le glucinium, tant sous forme de glucine que sous forme de métal libre, un rapport égal à 4,4. On en déduit que le baryum total mis en liberté correspond à 1,7 partie (fraction détachée 1,4 partie).

Après 1 heure 30 minutes de chauffe à 1220°-1230°, la subtitution du glucinium au baryum représentait 63 pour 100 de la réduction totale.

II. *Magnésie.* — Fichter et Brunner [2] ont déjà montré que le glucinium réduisait la magnésie à 1900°. La magnésie a une chaleur de formation un peu supérieure à celle de la glucine, mais la facile volatilité du magnésium compense l'infériorité thermique du glucinium [3]; aussi avons-nous pensé que la réaction devait se produire à plus basse température. Elle a été étudiée en opérant comme précédemment.

(1) C. MATIGNON et Mlle MARCHAL, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 927.

(2) *Zeit. an. Chemie*, **93**, 1910, p. 84.

(3) C. MATIGNON, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 1536.

On a employé pour 1 partie de magnésie 0,3 partie de glucinium (quantité théorique 0,225) et l'on a chauffé pendant 2 heures 15 minutes à 1275°-1280°.

Le magnésium est complètement mis en liberté comme le démontre l'analyse du produit résiduaire dans lequel on ne retrouve que le léger excès de glucinium.

Le magnésium qui s'est condensé en dehors du tube en fer, adhère fortement au tube de porcelaine sur lequel il s'est moulé, en formant un enduit épais cristallin.

III. *Chaux.* — La chaleur de formation de la chaux est supérieure à celle de la glucine, mais le calcium est un métal volatil de telle sorte qu'on pouvait espérer obtenir la mise en liberté du calcium. On a d'abord chauffé pendant 2 heures à 1230°, puis pendant 1 heure à 1280°. Aucun calcium ne distille au cours de l'opération. Les pastilles initiales prennent une teinte plus foncée qui paraît correspondre à la formation d'un sous-oxyde de calcium décomposable immédiatement par l'eau froide avec dégagement d'hydrogène. Ces propriétés concordent avec celles qui ont été signalées par M. Guntz ([1]) pour les sous-oxydes de baryum et de calcium.

IV. *Potasse.* — La potasse débarrassée de son excès d'eau par fusion et mêlée grossièrement avec le glucinium pulvérisé (2 parties de potasse pour 0,5 partie de glucinium) est chauffée progressivement dans le vide.

La réaction exothermique

$$KOH + Gl = GlO + H + K$$

se produit brutalement vers 700°, il y a dégagement d'hydrogène et de vapeurs de potassium qui se condensent dans les parties froides du tube en porcelaine et même à l'entrée de la canalisation reliant le four à la pompe.

La réaction est complète. On retrouve dans le résidu la glucine et le glucinium mis en excès. Tout le potassium s'est dégagé subitement de la potasse.

V. *Alumine.* — Le glucinium et l'aluminium ont des volatilités comparables mais la chaleur d'oxydation du glucinium l'emporte sensiblement sur celle de l'aluminium. Le glucinium doit donc libérer l'aluminium de son oxyde.

Pour 2 parties d'alumine on remploie une demi-partie de glucinium

---

([1]) *Annales Chim.*, 8e série, **10**, 1907, p. 440.

(quantité théorique 0,53). Après 2 heures 40 minutes de chauffe à 1280°, on a dosé dans le produit de la réaction les métaux libres par une attaque à l'acide chlorhydrique très étendu, le glucinium restant et l'aluminium mis en liberté se dissolvent seuls (GlO et Al^2O^3 sont insolubles). On a constaté que l'aluminium et le glucinium se trouvaient dans la proportion de 7 parties d'aluminium pour 2 parties de glucinium (avec une erreur sur le dosage du glucinium pouvant atteindre un maximum de $\frac{1}{10}$).

Le glucinium se substitue donc à l'aluminium dans son oxyde comme il était permis de le prévoir. Le glucinium est donc plus réducteur que l'aluminium, il peut se substituer à ce dernier dans toutes les réactions aluminothermiques en manifestant une plus grande activité chimique.

En résumé, le glucinium nous a permis d'isoler le baryum, le magnésium, l'aluminium de leurs oxydes, le potassium de son hydroxyde et de transformer la chaux en sous-oxyde de calcium.

GÉOLOGIE. — *Sur le problème tectonique de la Vanoise et du Mont-Pourri (Alpes de Savoie).* Note de M. **Pierre Termier**.

Le problème tectonique de la Vanoise et du Mont-Pourri a été posé en 1913 par Jean Boussac (1) à la suite d'observations faites par lui aux environs de Tignes et dans la région de Peisey. Une Note posthume (2) de ce jeune et regretté géologue, publiée en 1916, est relative à la même question et expose quelques faits nouveaux observés en 1914 au sud-ouest de la Vanoise, près du col de Chavière. Jean Boussac émettait l'idée que « les massifs de la Vanoise et du Mont-Pourri sont constitués par une nappe de recouvrement distincte de celle du Grand-Saint-Bernard, plus élevée, plus métamorphique, originaire par conséquent d'une zone plus interne ». Il proposait d'appeler *nappe du Mont-Pourri* cette nappe supplémentaire et de lui donner le symbole IV' dans la série des nappes numérotées par Émile Argand.

L'impression de Jean Boussac a été partagée par quelques géologues, en

(1) Jean Boussac, *Sur la constitution géologique de la Haute-Tarentaise* (*Comptes rendus*, **157**, 1913, p. 658); *Feuille de Tignes au* $\frac{1}{50000}$ (*Bull. des Serv. de la Carte géol. de la France*, **23**, 1913-1914, p. 195).

(2) Jean Boussac, *Sur l'existence entre Modane et le col de Chavière d'une fenêtre faisant apparaître le Trias sous le Permien de la Maurienne* (*Comptes rendus*, **163**, 1916, p. 708).

particulier par MM. Maurice Gignoux [1] et Émile Haug [2]. Par contre, M. Eug. Raguin, qui a repris en 1925 l'étude détaillée des deux régions de Modane et de Tignes, conclut en faveur de l'ancienne manière de voir : la Vanoise ne serait pas une unité tectonique distincte du Briançonnais [3]. Et M. Rudolf Staub, dans l'un des profils qu'il vient d'ajouter à son *Bau der Alpen*, a dessiné la Vanoise comme je la dessine moi-même depuis 1907 : un simple anticlinal, déversé vers l'Est, de la nappe du Grand-Saint-Bernard ou du Briançonnais [4].

Le problème est donc clairement posé. Je me hâte de dire qu'il n'est point tout à fait résolu. Il y a cependant, à mon avis, de très fortes raisons de penser que la suggestion de Jean Boussac ne doit pas être retenue et que la Vanoise n'est pas une unité tectonique distincte. En disant la Vanoise, j'entends dire le système Vanoise, Becca-Motta, Aiguille-du-Midi, Mont-Pourri, système qui est, évidemment, indivisible.

La bande triasique du col de Chavière, interprétée par Jean Boussac comme apparaissant dans une *fenêtre* ouverte au travers du Permien, est en réalité, comme je l'ai dit en 1891, un synclinal couché vers l'Est. Le Trias de cette bande n'est pas *sous* le Permien, il est *dessus*; mais le bord ouest du synclinal est renversé jusqu'à l'horizontale et ce renversement a mis un chapeau de micaschistes permiens sur le Trias du point 2682, superposition singulière qui a donné l'idée de la *fenêtre*. L'étude de M. Raguin ne laisse plus aucun doute à ce sujet. J'ai moi-même revu avec M. Raguin le prolongement méridional, en face de Modane, de la bande triasique en question : c'est un synclinal évident, de nouveau rétabli dans sa position quasi verticale, extrêmement serré, et même broyé. Il se poursuit au delà de l'Arc, vers Notre-Dame de Charmeix et le col de la Roue, sans aucun caractère de *fenêtre*. De même, au nord du col de Chavière, il se prolonge, parfaitement continu, jusqu'à Pralognan; puis, tournant à Pralognan

---

(1) M. Gignoux, *Révision de la feuille Saint-Jean-de-Maurienne au* $\frac{1}{80000}$ (*Bull. des Serv. de la Carte géol. de la France*, 28, 1923-1924, p. 18).

(2) Ém. Haug, *Contribution à une synthèse stratigraphique des Alpes occidentales* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, 25, 1925, p. 106).

(3) E. Raguin, *Nouvelles observations sur la région des Alpes françaises comprise entre Modane et Tignes. Bord de la Vanoise et des Schistes Lustrés* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, 25, 1925, p. 726).

(4) Rudolf Staub, *Der Bau der Alpen*. 25 *Querprofile* $\frac{1}{500.000}$. *Blatt* 2. *Westalpen* (*Beiträge zur geol. Karte der Schweiz*, N. F., Lief. 52, Spezialkarte, n° 105, 2, 1926).

d'une cinquantaine de degrés, il devient le faisceau de la Grande-Casse, de nouveau déversé vers l'intérieur de l'arc alpin, parfois jusqu'à l'horizontale. Il ne viendrait à personne l'idée de considérer le Trias de la Grande-Casse comme apparaissant en *fenêtre* sous le Permien métamorphique. L'hypothèse d'une *fenêtre* au col de Chavière doit donc être écartée.

D'ailleurs, si cette hypothèse était la vérité, la liaison de la Vanoise et du Houiller non métamorphique de la Maurienne n'en existerait pas moins : elle se ferait *par-dessus* le Trias du col de Chavière et non plus *par-dessous*. C'est ce Trias qui appartiendrait à une unité tectonique distincte, plus profonde que l'unité briançonnaise et donc d'origine plus externe; il appartiendrait à la nappe des Aiguilles d'Arves : conséquence qu'il suffit de montrer pour qu'on la juge absurde.

On ne doit pas dire : « Les terrains métamorphiques de la Vanoise sont charriés, sur tout leur bord occidental, sur le Houiller non métamorphique ou sur le Trias qui en constitue la couverture (¹). » Voici comment il faut dire : « Sur tout son bord occidental, le Permien métamorphique de la Vanoise s'enfonce régulièrement sous sa couverture de Trias, ployée en un synclinal, ou en un faisceau synclinal multiple, au delà duquel le Permien métamorphique reparaît, à peine moins métamorphique dans son ensemble, parfois tout aussi métamorphique. » Car il y a presque identité de métamorphisme entre le Permien du glacier de la Vanoise et celui de la Becca-Motta, de part et d'autre du faisceau synclinal de la Grande-Casse; et, de même, identité de métamorphisme entre le Permien de la Pointe-de-l'Échelle et celui du col de Chavière; et les gneiss du Sappey, au-dessus de Fourneaux, sont tout aussi métamorphiques que ceux du Rateau dont ils sont séparés par la bande triasique descendue du col de Chavière.

La brusque terminaison, à Modane, de l'anticlinal de la Vanoise et des plis qui lui font cortège à l'Est, résulte de la submersion de tous ces plis sous la *nappe des gypses* et la nappe plus haute des Schistes Lustrés : phénomène mis en pleine lumière par M. Raguin (²). Cette brusque terminaison ne saurait donc être interprétée comme une preuve de l'indépendance de la Vanoise par rapport au Briançonnais. D'ailleurs, à l'aval de Modane, quand cesse la *nappe des gypses*, les terrains métamorphiques de la Vanoise ne s'arrêtent pas *brusquement :* ils passent latéralement, sur les deux rives de l'Arc, à des terrains peu métamorphiques ou non métamorphiques, et ce passage est rapide, mais non pas brusque.

(¹) Ém. Haug, *loc. cit.*, p. 106.
(²) E. Raguin, *loc. cit.*, p. 703-711.

Un fait, signalé par moi il y a 36 ans, aurait pu servir d'argument en faveur de l'hypothèse de Jean Boussac : c'est la superposition indéniable, à Laisonnay (vallée du Doron de Champagny), du Permien métamorphique à du Houiller noir, renfermant de l'anthracite. Mais l'étude détaillée de ce point, faite par M. Raguin ([1]), nous a montré que l'on n'en peut tirer aucune conclusion décisive. Le Permien, plus métamorphique, dans son ensemble, que le Houiller sous-jacent, renferme cependant des assises où ne se décèle aucun métamorphisme, et les affleurements triasiques voisins peuvent aisément s'expliquer par des replis de la couverture triasique.

Les faits signalés par Jean Boussac en 1913, à Peisey et aux Brévières, sont plus impressionnants. Ils méritent d'être étudiés de nouveau, et je ne veux, aujourd'hui, que montrer la possibilité de les interpréter sans séparer la Vanoise du Briançonnais.

Peisey d'abord. Dans cette région, la carte géologique a été levée et dessinée par Marcel Bertrand. La teinte rose et les hachures rouges ont été par lui attribuées à tous les terrains, métamorphiques ou semi-métamorphiques, qui tiennent à l'ensemble Aiguille-du-Midi Mont-Pourri. Le métamorphisme a l'air, sur la carte, de s'arrêter à la bande triasique de l'Aiguille-Grive. Au delà de cette bande, le Houiller est figuré en noir comme exempt de tout métamorphisme. D'où l'apparence trompeuse que le Trias sépare deux unités profondément distinctes, l'une très cristalline, l'autre pas.

En réalité, il y a, au col de la Chale, d'après M. Neltner, des schistes d'aspect houiller et qui devraient, sur la carte, être teintés en noir, non en rose. D'autre part, dans le pays houiller qui dévale vers l'Isère, le métamorphisme est déjà appréciable. Le Trias sépare simplement deux régions *de la même unité tectonique* qui diffèrent par le degré du métamorphisme. Tout indique d'ailleurs que cette bande triasique est synclinale, et c'est bien ainsi que Marcel Bertrand l'a figurée dans ses coupes de 1894 : elle se poursuit, au Sud, par le col de la Frette, synclinal évident, et par le Trias du Mont-de-la-Guerre que l'on voit, au-dessus de Champagny, *reposer sur* du Permien métamorphique. Les apparences décrites par Boussac tiennent au fait que, au sud et à l'est de Peisey, l'anticlinal du Mont-Pourri se renverse au Nord-Ouest, et que ce renversement peut aller localement jusqu'à l'horizontale. C'est, avec un sens contraire dans le déversement, le même phénomène qu'au col de Chavière, produisant la même illusion.

Aux Brévières, il en est probablement de même. Les couches, ici, sont quasi horizontales. La description de Jean Boussac est si nette qu'on ne

([1]) E. Raguin, *loc. cit.*, p. 721-725.

peut pas douter que le Trias n'apparaisse en *fenêtre* sous le Permien métamorphique. Mais l'horizontalité n'est que l'exagération locale du phénomène décrit par Marcel Bertrand : l'anticlinal du Mont-Pourri déversé vers l'Isère, en plusieurs digitations superposées sous lesquelles s'enfonce la masse immense des Schistes Lustrés. Les complications de détail et les contournements des assises sont tels que la pénétration profonde du Trias sous le Primaire n'a rien qui doive surprendre.

Je continue donc, jusqu'à plus ample informé, de croire que la Vanoise ne doit pas être séparée du Briançonnais. Elle est *cette région de la nappe briançonnaise qu'envahit graduellement le métamorphisme*.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les Radiophares tournants.* Note (1) de M. **André Blondel.**

Les dispositifs de doubles rideaux d'antennes pour radiophares d'alignement (2) peuvent servir à construire aussi des radiophares tournants, donnant une précision de relèvement plus grande que les dispositifs essayés jusqu'ici (3) : il suffira de monter sur un chariot tournant à vitesse constante, les deux rideaux d'antennes en échelle ou en grecque, et d'exciter alternativement l'un et l'autre à des intervalles suffisamment rapides pour que le navigateur, connaissant la vitesse de rotation, puisse relever son gisement en notant le moment où il perçoit l'égalité des sons et en le rapportant à l'instant où il perçoit, d'autre part, un son de repérage spécial, émis automatiquement par une antenne indépendante quand le plan bissecteur des deux rideaux tournants passe par un point cardinal de repère (4).

Si l'on produit l'alternance d'émission des deux rideaux d'antennes deux

(1) Séance du 7 mars 1927.

(2) Cf. A. Blondel, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 561.

(3) Notamment le radiophare tournant, installé à Douvres par la Société Marconi en 1925, et le rideau en grecque tournant de M. Mesny. Cet auteur a substitué le rideau au radiophare à cadre tournant que le général Ferrié et moi avions mis en essai dès 1919, par application d'un de mes brevets antérieurs (brevet français du 7 décembre 1912).

(4) Cet azimut de repérage pour chaque radiophare sera mentionné dans les répertoires des services hydrographiques, comme toutes les indications relatives à l'éclairage et au balisage des côtes.

ou trois fois par seconde, pour un appareil tournant à la vitesse d'un tour complet d'horizon en deux minutes, à chaque degré correspondra une alternance; l'erreur sur la détermination de l'égalité des sons pourra atteindre au plus 2 ou 3 degrés; cette précision peut être augmentée si le navigateur note, d'autre part, les instants où il commence à percevoir les émissions du premier pinceau tournant, puis du second, et où il cesse de percevoir les émissions du premier, puis du deuxième pinceau; la moyenne des quatre temps ainsi inscrits est à combiner, avec un coefficient convenable, avec la première détermination.

Les émissions alternatives peuvent être provoquées, comme je l'ai dit dans la précédente Note [1], en excitant alternativement, par un ou deux conducteurs fixes, les côtés horizontaux des deux rideaux placés l'un au-dessus de l'autre. On peut obtenir un résultat analogue en remplaçant les inverseurs par un tambour tournant en matière isolante, placé entre les deux éléments correspondants des deux rideaux et portant, suivant une génératrice, un fil de cuivre relié par deux bagues isolées et par des frotteurs au circuit oscillant générateur; les sons, au lieu de se succéder instantanément, varieront périodiquement entre le maximum et le minimum deux fois par tour de tambour [2].

Les dispositifs des rideaux considérés dans ma précédente Note, qui donnent un double pinceau symétrique à 180° du double pinceau tournant, conviennent aux radiophares situés sur une côte, en alignement droit ou présentant une concavité vers la mer; car, sans risquer une ambiguïté sur l'azimut, on utilisera le double pinceau symétrique émis à 180° au premier en signalant, pendant chaque demi-tour de l'appareil, des points cardinaux de repère affectés exclusivement au demi-tour d'horizon du côté de la mer.

Au contraire, si le radiophare fixe ou tournant est placé sur une partie saillante de la côte, et si l'on craint une erreur de 180° sur la direction, le type de rideau décrit devra être remplacé par un autre type, dont j'ai

---

(1) *Loc. cit.*

(2) Pour que les sons s'annulent franchement, il est bon d'établir les rideaux d'antennes de telle sorte que les ondes qu'ils émettent soient de signes opposés; à cet effet, on dispose le conducteur excitateur entre deux rideaux ayant des formes symétriques, par rapport au plan horizontal mené à égale distance entre eux; d'autre part, il est avantageux d'établir une coupure dans l'élément induit du rideau non utilisé pendant que l'induction sur l'élément correspondant de l'autre rideau passe par son maximum.

indiqué le principe en 1902 ([1]). Il consiste en un réseau plan formé d'une série d'antennes verticales vibrant en quart d'onde, régulièrement espacées dans un plan et excitées par un même oscillateur avec des différences de phase correspondantes à l'intervalle qui les sépare; ces différences de phase sont justement égales aux pertes de phases que subit l'onde d'excitation se propageant depuis le poste émetteur le long d'un fil de connexion horizontal sur lequel sont fixées les antennes, dont les autres extrémités restent libres; cela revient à faire, dans la formule générale des réseaux, rappelée en note, $i = 90^\circ$, d'où

$$\sin = x \frac{n\lambda}{e} - 1,$$

d'où

$$x = \pm \frac{\pi}{2};$$

l'émission a son maximum dans le plan du rideau.

M. Blondlot ([2]) a montré que pour produire ces excitations de phases décalées, on doit éviter la présence d'onde stationnaire dans le fil de connexion, en fermant le circuit par une grande résistance qui absorbe l'onde réfléchie.

([1]) Cf. *Congrès de l'Association française : Congrès d'Angers*, 2, 1903, p. 374. Dans ce Mémoire, ainsi que le rappelait récemment M. Bouthillon (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 955), j'ai montré qu'on peut produire des ondes dirigées en transposant simplement dans le domaine hertzien la disposition des réseaux plans employés en optique pour la production d'ondes lumineuses planes dirigées. On trouve dans les traités d'optique (par exemple celui de Mascart, t. I, p. 349-365) l'expression de l'intensité obtenue en fonction du nombre et de l'équidistance des éléments, ainsi que les azimuts dans lesquels il y a concentration des ondes principales et secondaires émises par le réseau; quand les éléments sont très nombreux, les angles d'émission des faisceaux sont déterminés en fonction de l'incidence i, du pas d'espacement e des éléments, de leur rang n, de l'angle d'émission x et de la longueur d'onde λ par la relation bien connue

$$\sin i + \sin x = \frac{n\lambda}{e},$$

ou, si l'on appelle δ la différence de marche entre deux éléments émetteurs,

$$\delta + e \sin x = n\lambda;$$

cette relation s'applique sans changement au rideau d'antennes suffisamment nombreuses. M. Bouthillon a donné un exposé complet de la question dans un Mémoire récent (*L'onde électrique*, 5, 1926, p. 577).

([2]) Cf. Blondlot et Dufour, *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 347.

La concentration des ondes s'obtient dans une seule direction lorsqu'on choisit (comme je l'ai indiqué en 1903) un intervalle d'un quart d'onde entre les différentes antennes (¹), c'est-à-dire en faisant $e = \frac{\lambda}{4}$. La concentration, produite dans le plan du rideau, est d'autant meilleure qu'il comporte un plus grand nombre d'éléments, et on peut l'améliorer beaucoup, par application du principe général dû à M. Bellini (²), et utilisé aussi par M. Mesny et M. Bouthillon (³), en réglant l'amplitude d'oscillation de chaque petite antenne (⁴), proportionnellement à certains coefficients déduits du binome de Newton.

Cette résistance est à intercaler entre l'extrémité du conducteur distributeur alimentant les antennes et un autre conducteur horizontal formant retour à l'autre pôle de l'oscillateur. On peut avantageusement doubler le dispositif en alimentant, par le conducteur de retour, une seconde série d'antennes en quart d'onde, symétriques des premières par rapport au plan horizontal de symétrie, mené à égale distance entre ces deux conducteurs. Ces derniers forment ainsi une boucle, et les rideaux peuvent être à l'intérieur ou à l'extérieur de la boucle, pourvu que la distance entre les extrémités libres des antennes symétriques soit très faible, ou voisine de $2n\frac{\lambda}{4}$.

Au lieu de la méthode d'égalisation de deux sons alternatifs, on peut employer la méthode de zéro (si l'on se contente d'une moindre précision) en excitant simultanément les deux rideaux d'antennes en opposition de phase.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les gaz contenus dans les laitons, l'aluminium et ses alliages.* Note de MM. **Léon Guillet** et **Albert Roux**.

Nous poursuivons nos recherches sur les gaz contenus dans les produits métallurgiques (⁵). Les résultats, que nous présentons aujourd'hui et qui

(¹) On doit à M. de Bellescize (*Radioélectricité*, 4, 1923, p. 115) d'intéressantes recherches plus récentes sur ce dispositif d'antennes.

(²) Cf. Bellini, *The Electrician*, 125, 1914, p. 26, cité et complété dans l'*Onde électrique*, 5, 1926, p. 475.

(³) Ch. Bouthillon, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 955.

(⁴) Ce réglage pourra être fait en diminuant un peu la hauteur des antennes dont on veut affaiblir l'émission.

(⁵) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 717.

ont été obtenus avec l'appareil précédemment décrit, ont trait à certains laitons, à l'aluminium et à ses alliages.

1° *Laitons*. — Nous avons étudié deux laitons, l'un du type Cu = 67 pour 100, Zn = 33 pour 100; l'autre du type Cu = 60 pour 100, Zn = 40 pour 100. Ces laitons ont été fondus au four à creuset, laminés puis étirés par les procédés industriels ordinairement employés; ils ont donné les résultats suivants sur 10^{cm^3} de métal, sous forme d'éprouvette de $10 \times 10 \times 55^{mm}$ par chauffage à 720°, durant 2 heures, le temps nécessaire pour atteindre 720° étant de 1 heure.

Total du gaz dégagé (1).

Laiton (Cu = 67)........ $V = 5^{cm^3},3$, soit 0,55 du volume du métal;
Laiton (Cu = 60)........ $V = 3^{cm^3},7$, soit 0,39 du volume du métal.

Composition du gaz dégagé (2).

	CO^2.	CO.	H.	CH^4.	N (3).
Laiton (Cu = 67)......	14,16	13,6	65,4	0	7,4
Laiton (Cu = 60)......	8,6	0	56,4	0	43,6

Il est à noter que le dégagement gazeux ne commence qu'à 480° et était terminé à la fin de l'opération.

Nous avons comparé les propriétés de ces laitons recuits à l'air et recuits dans le vide (dans les deux séries d'expériences, la température a été de 720° et la durée de 2 heures).

Métal.	État.	Résilience.	Dureté.
Laiton (Cu = 67)	Recuit à l'air...............	8,3	68
	Recuit dans le vide..........	9,4	80
Laiton (Cu = 60)	Recuit à l'air...............	7,6	93
	Recuit dans le vide..........	7,3	85

Ces résultats paraissent contradictoires. En réalité, ils ont peu de valeur; car il y a volatilisation du zinc par recuit dans le vide.

Dans une autre expérience, nous avons porté le métal à l'état liquide, en le chauffant, avec une vitesse de 7° par minute, jusqu'à 1040°.

Le dégagement gazeux commence à 530°, il passe par un maximum entre

---

(1) Tous les volumes de gaz ont été ramenés à la température de 0° et à une pression de 760^{mm} de mercure.

(2) En volume.

(3) Par différence.

720° et 790°; il se dégage, à ce moment, $0^{cm^3},34$ en 10 minutes pour un volume de métal de $11^{cm^3},3$; on note un second maximum plus important entre 930° et 980°; le dégagement atteint alors $2^{cm^3},05$ en 10 minutes.

A 1040°, le dégagement gazeux est complètement achevé.

Au total, on a recueilli $5^{cm^3},4$ de gaz, donnant le rapport $\frac{\text{volume gaz}}{\text{volume métal}} = 0,5$.

La composition trouvée a été :

$CO^2 = 19$; $CO = 9,5$; $H = 35,9$; $CH^4 = 22,2$; N (¹) $= 13,4$.

La vitesse du dégagement des gaz semble donc importante au passage par le point de transformation et au moment même de la fusion.

2° *Aluminium.* — L'essai a porté sur un aluminium renfermant 0,6 pour 100 de silicium et de fer, se présentant sous forme d'un barreau cylindrique ayant un diamètre de 8^{mm}, et une longueur de 128^{mm}. Le métal a été chauffé à 550°, le temps pour atteindre cette température étant de 30 minutes et la durée de chauffage à 550° étant de 2 heures et demie.

Le dégagement gazeux commença à 400° et était terminé à la fin de l'opération. On a trouvé un volume total de gaz de $0^{cm^3},96$ représentant 0,14 du volume du métal.

Ce gaz a pour composition (en pour 100) :

$CO^2 = 20$; $CO = 12$; $H = 68,0$; $N = 0$.

Le métal recuit à l'air ou dans le vide a les mêmes propriétés :

	Essai de traction.			
	Charge de rupture en kg/mm².	Allongements p. 100.	Striction p. 100.	Résistivité.
Recuit à l'air	8,5	31	80	3,2 microhms
Recuit dans le vide	8,4	31	85	$3^{cm^3},16$

En opérant sur des tournures, nous avons trouvé les mêmes résultats (l'état de division n'a donc pas d'influence sur le dégagement gazeux).

Nous avons fait une nouvelle expérience en portant l'aluminium au delà de son point de fusion (dans un tube de quartz) avec une vitesse de chauffage de 7° par minute.

Le dégagement gazeux commence à 360°; il passe par un maximum très

(¹) Par différence.

accusé entre 620° et 690° (on a trouvé $4^{cm^3},3$ en 10 minutes pour un volume de métal de 9^{cm^3}). La température a été portée jusqu'à 820°.

Le volume total des gaz extraits a atteint $14^{cm^3},32$, donnant le rapport

$$\frac{\text{volume gaz}}{\text{volume métal}} = 1,59.$$

La composition de ces gaz était la suivante (en pour 100) :

$CO^2 = 31,7$, $CO = 2,45$, $H = 26,00$, $CH^4 = 26,00$, $N = 3,25$.

3° *Duralumin.* — Enfin, une autre série d'expériences a été faite sur le duralumin, en partant d'un volume de $10^{cm^3},3$ sous forme d'une éprouvette de traction ayant un diamètre de $9^{mm},3$.

L'alliage a été chauffé à 500° durant 2 heures et demie; il a fallu en outre 30 minutes pour atteindre 500°. On a observé un dégagement gazeux de $2^{cm^3},19$, soit 0,23 du volume du métal.

Le gaz a pour composition :

$CO^2 = 0$, $CO = 9$ pour 100, $H = 91$ pour 100, $N = 0$.

Le dégagement gazeux commença vers 500° et était terminé à la fin de l'expérience.

Le métal a été essayé, d'une part, à l'état brut; d'autre part, après recuit à l'air, trempe à l'eau à 475° et vieillissement à + 20°, durant 15 jours; et enfin, après recuit dans le vide, suivi du même traitement.

Les résultats obtenus sont les suivants :

État du barreau avant trempe et vieillissement.	Essai de traction : R.	E.	A %.	Σ.
Brut	39,5	25,4	17	27
Recuit à l'air durant 2 heures 30 à 500°	37,7	23	21	35
Recuit dans le vide durant 2 heures 30 à 500°	35,8	21	24	30

Il y a donc plutôt un léger adoucissement du métal par recuit dans le vide.

Nous continuons nos recherches.

M. E. Leclainche fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. C. Bidault intitulé *Conservation de la viande et du poisson*, pour lequel il a écrit une *Préface*.

En présentant à l'Académie la *Statistique mathématique* de M. **Ch. Jordan**, qui vient de paraître à la maison Gauthier-Villars, et dont il a écrit la *Préface*, M. **d'Ocagne** dit que l'auteur, qui est un véritable mathématicien, est en même temps, en ce qui concerne les matières dont il traite, un technicien éprouvé, très exactement instruit des besoins de la pratique et s'étant rendu compte des meilleurs moyens d'y satisfaire. Ce qu'il a voulu avant tout, très évidemment, c'est mettre entre les mains du lecteur ce qu'on peut appeler « l'outil statistique ».

Au point de vue mathématique, il ne s'est pas contenté de faire connaître, sous une forme d'ailleurs très claire et très simple, les propriétés essentielles des polynomes classiques de Legendre et d'Hermite; il a, en outre, introduit, à côté de ceux-ci, d'autres polynomes à la considération desquels ne s'attache pas un moindre intérêt. Alors, en effet, que les premiers fournissent des développements applicables à la représentation des observations statistiques dans le cas de variables continues, les nouveaux polynomes de M. Jordan jouent le même rôle dans le cas des variables discontinues, ce qui n'est pas un mince avantage, attendu que, les fréquences statistiques n'étant définies que pour certaines valeurs de la variable, les méthodes fondées sur l'emploi des variables continues conduisent souvent à des résultats inacceptables.

M. **Émile Picard** dépose sur le Bureau le tome IV des Œuvres d'Alessandro Volta. Edizione nazionale sotto gli auspici della Reale Accademia dei Lincei e del Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere.

PLIS CACHETÉS.

MM. les Exécuteurs testamentaires de M. **Henri Rovel** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 28 juillet 1913 et inscrit sous le n° 8067.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *La Météorologie doit avoir pour base l'étude des courants magnétiques.*

(Renvoi à l'examen de M. M. Brillouin.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les systèmes d'équations aux dérivées partielles, par Maurice Janet. Fascicule XXI du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. Hadamard.)

GÉOMÉTRIE. — *La cubique indicatrice de l'élément linéaire projectif d'une surface*. Note de M. **Beniamino Segre**, présentée par M. E. Borel.

1. Dans cette Note j'expose une nouvelle méthode par laquelle on peut étudier au point de vue projectif le voisinage d'un point sur une surface. Je retrouve ainsi, d'une manière simple et uniforme, les principaux éléments géométriques connus relatifs à cette étude, et j'en ajoute de nouveaux.

2. Considérons sur une surface (S) non réglée de l'espace ordinaire, un point O générique : soient ω le plan tangent à (S) en O, et r, s les droites tangentes en O aux deux asymptotiques de la surface qui passent par ce point. Considérons toutes les surfaces du troisième ordre qui coupent (S) suivant une courbe ayant O comme point quintuple : elles forment *un système linéaire* ∞^4, que nous dirons Σ. Dans Σ on a un système linéaire ∞^3 de surfaces qui contiennent comme partie le plan ω : donc toutes les autres surfaces de Σ coupent ce plan suivant *une même courbe* Γ *du troisième ordre*.

3. La courbe Γ passe doublement par le point O, en y touchant les droites r et s. Elle a donc trois points d'inflexion, situés sur une même droite g; cette droite est *la deuxième droite de Green*. Les trois droites qui joignent O aux trois points d'inflexion de Γ, sont *les trois tangentes de Darboux* relatives au point O [1].

---

[1] Naturellement, à côté de chacune de nos propositions, on peut tout de suite en énoncer une autre, en vertu de la loi de dualité. Par exemple aux tangentes de Darboux correspondent par dualité les *tangentes de Segre*, qui ne sont autre chose que les tangentes conjuguées des précédentes. Les trois droites de Segre coupent Γ, outre qu'en O, en trois points qui déterminent un *triangle invariant;* ses côtés passent chacun par un des trois points d'inflexion de Γ, et O et g sont mutuellement *polaires* par rapport au triangle considéré.

Considérons sur la surface (S) un point O′ quelconque infiniment voisin de O. La droite OO′ est dans le plan tangent ω, et coupe g en un point G, et Γ (outre qu'en O) en un point G′. Eh bien, en ne considérant que les infiniment petits du premier ordre, *l'élément linéaire projectif* OO′ *est égal aux* $\frac{3}{2}$ *du rapport anharmonique* (OG O′G′).

4. Prenons un point P quelconque de l'espace, et considérons le système linéaire des quadriques polaires de P par rapport aux différentes surfaces de Σ. Toutes ces quadriques coupent le plan ω seulement suivant un *faisceau de coniques;* ce faisceau contient toujours la conique (r, s) décomposée dans les deux droites r, s, et ne change pas lorsque le point P varie tout en restant sur une droite p passant par O. En correspondance aux différentes droites p de l'espace qui passent par O, on a ainsi en ω ∞^2 faisceaux de coniques, qui constituent un *système linéaire* ∞^3 *de coniques* que nous dirons Ξ [1].

Il y a dans Ξ *une* conique qui contient comme partie la droite g : la partie ultérieure de cette conique est une autre droite d, qui coupe g en un point K. La droite OK est *la deuxième tangente canonique*, et le faisceau de droites de centre K est *le deuxième faisceau canonique*. On peut définir une droite quelconque de ce faisceau au moyen du rapport anharmonique λ qu'elle forme avec les droites g, d et OK ; on a ainsi *la deuxième normale projective de Fubini, la deuxième directrice de Wilczynski, le deuxième axe de la surface, et les deux deuxièmes droites principales,* respectivement pour les valeurs $\frac{5}{3}$, $\frac{1}{3}$, -1, 2 et 3 dudit rapport anharmonique λ.

5. Les coniques enveloppes qui sont apolaires aux différentes coniques de Ξ forment *un faisceau tangentiel de coniques* que nous indiquerons par la lettre Φ. L'involution subordonnée par Φ dans le faisceau canonique a pour éléments doubles les droites g et d : la conique de Φ qui est tangente à la droite g passe donc par K. La droite l polaire de O, par rapport à la dernière conique considérée, est une droite invariante fort remarquable, puisque généralement elle ne passe pas par K ni par O. *La droite l coïncide avec la droite polaire de* K *par rapport à* Γ.

6. Les droites polaires de O par rapport aux différentes coniques de Φ enveloppent une nouvelle conique C. Cette conique est tangente aux trois

(1) Ladite correspondance entre les droites p de l'espace qui passent par O, et les faisceaux de coniques de Ξ qui contiennent (r, s) est *projective*.

droites r, s et l; O et g sont mutuellement polaires par rapport à C ([1]). On peut voir que :

Si l'on définit dans le plan ω une métrique non Euclidienne en prenant C comme conique absolu, cette métrique au voisinage du point O coïncide avec la métrique projective de Fubini de la surface (S).

La conique C fournit ainsi une très simple définition géométrique de la forme quadratique absolue φ_2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des équations différentielles qui généralisent l'équation de Lamé.* Note de M. **Pierre Humbert**, transmise par M. Appell.

J'ai montré l'an dernier ([2]) qu'un changement de variables approprié, dans l'espace à quatre dimensions, conduisait à des fonctions de Laplace vérifiant l'équation ([3])

$$\frac{d^2y}{d\theta^2} + (A + B\cos^2\theta + C\cos^4\theta)y = 0 \tag{1}$$

qui généralise l'équation de Mathieu

$$\frac{d^2y}{d\theta^2} + (A + B\cos^2\theta)y = 0.$$

On peut, d'une manière analogue, obtenir des équations nouvelles qui généralisent l'équation de Lamé.

Partons du faisceau d'hyperquadriques homofocales, tangentes au plan de l'infini,

$$\frac{x_1^2}{\lambda - a} + \frac{x_2^2}{\lambda - 1} + \frac{x_3^2}{\lambda} - 2x_4 - \lambda = 0,$$

([1]) Ces conditions déterminent la conique C d'une façon *unique*.

Les deux droites tangentes de C qui passent par K forment un faisceau harmonique avec les droites g et KO : cependant le rapport anharmonique λ (n° 4) relatif à l'une d'entre elles n'est pas une constante numérique, c'est-à-dire que, en général, il change avec le point O de la surface.

([2]) *Some hyperespace harmonic analysis problems introducing extensions of Mathieu's equation* (*Proceedings Royal Society Edinburgh*, **46**, 1925-1926, 2e partie, p. 206).

([3]) Les propriétés de cette équation ont été étudiées par Whittaker (*Proceedings Edinburgh Math. Soc.*, **33**, 1914-1915, p. 15) et Ince (*Proc. London Math. Soc.*, **23**, 1923, p. 56).

qui donne le changement de variables

$$(2)\quad \begin{cases} x_1 = \sqrt{\dfrac{(\rho-a)(\mu-a)(\nu-a)(\sigma-a)}{a(1-a)}}, \\ x_2 = \sqrt{\dfrac{(\rho-1)(\mu-1)(\nu-1)(\sigma-1)}{a-1}}, \\ x_3 = \sqrt{\dfrac{\rho\mu\nu\sigma}{-a}}, \\ x_4 = -\dfrac{\rho+\mu+\nu+\sigma-a-1}{2}. \end{cases}$$

L'équation de Laplace s'écrira sans difficulté, le système étant orthogonal; et la disjonction des variables amènera à quatre équations du type

$$\sqrt{\rho(\rho-1)(\rho-a)}\frac{d}{d\rho}\left[\sqrt{\rho(\rho-1)(\rho-a)}\frac{dR}{d\rho}\right] + (\alpha+\beta\rho+\gamma\rho^2)R = 0,$$

ce qui, en posant

$$e_1 = \frac{2a-1}{3}, \qquad e_2 = \frac{2-a}{3}, \qquad e_3 = -\frac{a+1}{3}, \qquad \rho = pu + \frac{a+1}{3},$$

donne

$$(3)\qquad \frac{d^2R}{du^2} + (A + Bpu + C^2pu)R = 0,$$

équation à coefficients doublement périodiques qui est à l'équation de Lamé ce que (1) est à celle de Mathieu.

De même, le changement de variables dans l'espace à cinq dimensions défini par les équations (2) auxquelles on adjoint

$$x_5 = \tau$$

conduira à

$$(4)\qquad \frac{d^2R}{du^2} + (A + Bpu + Cp^2u + Dp^3u)R = 0.$$

Les équations (3) et (4) se rattachent, par dégénérescence, aux équations de Lamé d'ordre supérieur définies par Heine, dans lesquelles les variables sont hyperelliptiques. L'équation (4) est spécialement intéressante; si l'on y pose

$$R = e^{hpu}y,$$

h étant une constante convenable, on la met sous la forme

$$y'' + 2hp'uy' + (\alpha + \beta pu + \gamma p^2u)y = 0;$$

et, lorsque γ a la valeur particulière $-8nh$, n étant un entier quelconque, on peut toujours déterminer α et β en fonction de h de façon que cette équation soit satisfaite par un polynome entier en pu, d'ordre n. La constante β est donnée, en fonction de h, par une équation de degré $(m+1)(2m+1)$ si $n=2m$, et $(m+1)(2m+3)$ si $n=2m+1$; la constante α, par une équation de degré $m(m+1)(2m+1)$ ou $(m+1)^2(2m+1)$ suivant les cas. On peut aussi déterminer α, β et h de façon que l'équation soit satisfaite par un polynome en pu multiplié par un, deux ou trois des radicaux $\sqrt{pu-e_i}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation d'une fonction par un ensemble de fonctions et sur les équations intégrales qui en résultent.* Note de M. **Octave Onicescu**, transmise par M. Émile Borel.

1. Un ensemble de fonctions de M (de coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_m$) peut être défini par une fonction génératrice unique $\varphi(M; P)$ (P ayant les coordonnées $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$).

Supposons que M étant quelconque dans un domaine D, $\varphi(M; P)$ est mesurable toutes les fois que P appartient à un certain ensemble E. Je suppose que les ensembles corrélatifs D et E sont les plus étendus possible.

Les fonctions générées par $\varphi(M; P)$ quand, M appartenant à D, P prend toutes les positions possibles dans E, définissent un ensemble fonctionnel L_φ, dont les fonctions ont pour expression analytique, au cas où E est mesurable, l'intégrale

$$\int_E \lambda(P)\varphi(M; P)\,dP, \tag{1}$$

dans laquelle la fonction-coefficient $\lambda(P)$ n'est soumise à aucune autre restriction que celle de l'existence de l'intégrale (1).

Mais la forme (1) n'est d'aucune utilité car les fonctions $\varphi(M; P)$ ne sont pas, en général, linéairement indépendantes. L'intégrale (1) peut devenir identiquement nulle sans que $\lambda(P)$ le soit aussi. Il est ainsi nécessaire de sommer sur ce que nous appelons un *ensemble de saturation* de $\varphi(M; P)$ et qui a les propriétés suivantes :

1° Les fonctions générées par $\varphi(M; P)$ pour les différents points de cet ensemble sont linéairement indépendantes entre elles; 2° toute fonction $\varphi(M; P)$ si P n'appartient pas à l'ensemble de saturation est une expression linéaire des fonctions correspondant à cet ensemble.

Un pareil ensemble existe pour toute fonction génératrice de fonctions mesurables. S'il n'est pas identique à E, il n'est pas unique, et en ce cas tous les ensembles de saturation sont équivalents. Différents cas sont possibles. Tout groupe de deux points constitue un ensemble de saturation pour les fonctions génératrices $x+s$ ou $\sin(x+s)$. L'ensemble de saturation de $\sin xs$ est l'intervalle $0, \infty$; celui de $\sin\frac{xs}{s-1}$ est l'intervalle $0, 1$.

Considérons deux fonctions $\varphi_1(M; P)$ et $\varphi_2(M; P)$ et leurs ensembles D et E communs. Supposons que leurs ensembles de saturation ε_1 et ε_2 sont contenus dans E. Si $\varphi_1(M; P)$ est *sursaturée* ou *saturée*, ou *non saturée* sur ε_2 nous dirons que ε_1 est plus grand ou égal ou moindre que ε_2.

On démontre le théorème suivant : *l'ensemble de saturation de la fonction* $\lambda_1(P).\varphi_1(M; P)+\lambda_2(P).\varphi_2(M; P)$ *est, en général, égal au plus étendu des ensembles* ε_1 *et* ε_2, *pouvant aussi être plus réduit.*

2. L'ensemble $L\varphi$ sera complètement représenté par l'intégrale irréductible

$$f(M)=\int_\varepsilon \lambda(P)\varphi(M; P)\,dP, \tag{2}$$

étendue à un ensemble de saturation ε, supposé ici mesurable. Si $L\varphi$ contient toutes les fonctions appartenant à la catégorie générale dont fait partie φ comme fonction de M, celle-ci sera nommée fonction génératrice complète. Il en est ainsi, par exemple, si $h_1(P), h_2(P), \ldots, h_n(P), \ldots$ constituant un système complet, le système

$$\int_\varepsilon h_1(P)\varphi(M; P)\,dP; \quad \int_\varepsilon h_2(P)\varphi(M; P)\,dP; \quad \ldots; \quad \int_\varepsilon h_n(P)\varphi(M; P)\,dP; \quad \ldots$$

est aussi complet.

L'égalité (2) établit une correspondance biunivoque entre $f(M)$ et $\lambda(P)$. Cette égalité peut être considérée comme une équation intégrale de première espèce, ayant une solution unique (à moins d'un ensemble de mesure nulle) si $f(M)$ appartient à $L\varphi$. L'algorithme que nous avons étudié dans deux Notes présentées à l'Académie [1] nous permet de résoudre ce problème.

Supposons, pour simplifier, que $\varphi(M; P)=\psi(x; s)$ et que l'ensemble de saturation soit l'intervalle $0,1$. La fonction $\lambda(s)$ sera la limite (pour l'existence de laquelle on fera quelques suppositions supplémentaires, mais peu

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1258, et 184, 1927, p. 365.

restrictives) de l'intégrale

$$\lambda_h^{(n)} = \int_{e^n} D_h^{(n)} p_1(x_1) p_2(x_2) \ldots p_n(x_n)\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n,$$

où

$$D_h^{(n)} = \frac{\left\| \frac{1}{n}\varphi\left(x_i; \frac{1}{n}\right) \frac{1}{n}\varphi\left(x_i; \frac{2}{n}\right) \cdots \frac{1}{n}\varphi\left(x_i; \frac{h-1}{n}\right) f(x_i) \frac{1}{n}\varphi\left(x_i; \frac{h+1}{n}\right) \cdots \frac{1}{n}\varphi\left(x_i; \frac{n}{n}\right) \right\|_{i=1,2,\ldots,n}}{\left\| \frac{1}{n}\varphi\left(x_i; \frac{k}{n}\right) \right\|_{\substack{i=1,2,\ldots,n \\ k=1,2,\ldots,n}}},$$

et h est l'entier, croissant avec n, pour lequel $\frac{h-1}{n} \leqq s \leqq \frac{h+1}{n}$. L'ensemble e est ce que l'on peut appeler ensemble de détermination de φ comme fonction de M; on peut le prendre en général égal à D.

Considérées à ce point de vue les équations de Fredholm de première espèce peuvent englober aussi les équations de seconde espèce, qui n'en sont que des formes très spéciales.

AÉRODYNAMIQUE. — *Nouvelles recherches expérimentales sur les hélices d'hélicoptères.* Note de M. **W. Margoulis**, présentée par M. d'Ocagne.

J'ai entrepris de nouvelles recherches expérimentales, faisant suite à celles que j'avais exposées dans mon premier travail sur les hélicoptères (¹). Elles ont porté principalement sur le fonctionnement de deux hélices accolées tournant en sens inverse. Quoique cette disposition ait trouvé de nombreuses applications sur des hélicoptères construits, il n'existait jusqu'à présent aucune donnée expérimentale permettant de juger de son efficacité.

Pour effectuer ces essais, j'ai fait établir un dispositif comprenant un moteur électrique de 1000 watts, actionnant par l'intermédiaire d'engrenages deux hélices coaxiales, dont les plans de rotation se touchent. Ce moteur était fixé à la balance du Laboratoire Eiffel et l'on pouvait ainsi déterminer les efforts agissant sur les hélices dans le plan vertical, parallèle à la direction du vent. Un tarage préalable du moteur permettait la détermination de la puissance absorbée.

Les *hélices Merville* essayées appartenaient à la famille d'hélices optima,

(¹) *Les hélicoptères : Recherches expérimentales sur le fonctionnement le plus général des hélices. Études sur la mécanique de l'hélicoptère* (Gauthier-Villars, 1922).

dont j'ai établi les caractéristiques en appliquant aux hélices sustentatrices la théorie tourbillonnaire des hélices propulsives de N. Joukowski. J'ai examiné deux cas : celui de l'*hélice isolée* communiquant au fluide qui la traverse des vitesses de rotation variables le long du rayon et celui de *deux hélices accolées tournant en sens inverse*, dans lequel on peut faire en sorte que le fluide sorte sans rotation de l'hélice AR.

Mon étude montre que, dans les deux cas, la *fraction de pas* doit augmenter vers le moyeu, où elle atteint sa valeur maximum. La valeur périphérique de la fraction de pas est d'autant plus grande que la valeur de $\frac{P_m}{n^3 D^5}$, que doit réaliser l'hélice, est plus élevée. Mais l'augmentation de la fraction de pas vers le moyeu est d'autant plus prononcée que l'hélice doit être moins puissante, c'est-à-dire que la valeur $\frac{P_m}{n^3 D^5}$ est plus faible.

De même pour les hélices peu puissantes le *pas* à l'extrémité sera faible, mais augmentera rapidement vers le moyeu, alors que dans les hélices puissantes le pas périphérique sera élevé, mais décroîtra vers le moyeu. Jusqu'à présent on croyait que les bonnes hélices sustentatrices devaient être peu puissantes et posséder un faible pas. Notre étude montre, au contraire, qu'on peut réaliser de très bonnes hélices sustentatrices avec de grands pas à condition de les faire suffisamment larges.

Les premiers essais ont été effectués au *point fixe* avec les hélices *isolées*; ils ont donné (en tenant compte du nombre de Reynolds) une efficacité maximum de 0,73 correspondant à une finesse de 0,045, qui est la meilleure finesse obtenue jusqu'à présent dans les essais avec petits modèles. Les essais au point fixe avec les mêmes modèles de deux hélices *accolées* ont donné, conformément à la théorie, pour la même finesse une efficacité plus élevée de 0,825; ces essais ont montré d'autre part que les meilleures combinaisons étaient celles des deux hélices identiques tournant au même nombre de tours.

On a ensuite procédé aux essais de ces mêmes hélices, soit isolées, soit accouplées en les exposant au vent de la soufflerie et en donnant au plan de rotation différents angles d'attaque, c'est-à-dire au régime du *vol propulsif*. Le mode de représentation (que j'avais proposé dans mon premier travail) par des *polaires* permet d'apprécier les qualités des hélicoptères au point de vue « transport » par la considération de la valeur minimum de la finesse. Dans mes essais antérieurs j'avais trouvé que la finesse minimum était de 0,59, ce qui était évidemment peu encourageant. Je suis parvenu dans mes nouveaux essais à réduire ce chiffre presque de moitié et à

atteindre une finesse de 0,3, qui n'est plus très éloignée des valeurs réalisées en *vol au sol* par les avions de chasse et de course actuels.

Enfin j'ai étudié la question de la *stabilité statique* des hélicoptères qui n'avait jusqu'à présent donné lieu à aucune recherche expérimentale. Il s'agissait de savoir si les forces agissant sur un hélicoptère ayant penché d'un côté et ayant, par suite de cette inclinaison, amorcé une glissade du même côté, tendent à le redresser ou au contraire à accentuer son inclinaison. Mes essais montrent que l'instabilité constatée dans les hélicoptères existants provient du fait que la variation des efforts est telle qu'elle tend à accentuer l'inclinaison d'un hélicoptère et à le renverser complètement.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Écrouissage par traction, écrouissage par compression,* Note de M. **P. Dejean**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai montré dans une Note précédente [1] le danger que peut présenter l'emploi d'un acier, même doux, et moyennement fragile, lorsqu'il a subi une déformation par compression. M. Seigle avait indiqué [2], au contraire, qu'il peut être avantageux, dans certains cas, d'écrouir par traction un métal doux pour élever sa limite élastique sans rendre son emploi dangereux. Y a-t-il contradiction entre ces deux conclusions? C'est ce que j'ai cherché à vérifier.

J'ai employé, pour cela, les mêmes métaux que ceux qui m'avaient servi dans mon étude précédente. Savoir : acier à 0,180 de carbone ayant subi l'un des trois traitements ci-après défini :

A. Trempe à l'eau à 900° après un maintien de 30 minutes, puis revenu à 700° pendant 1 heure et refroidissement à l'air.

B. Brut de forge.

C. Recuit 5 heures à 950°, refroidissement à raison de 20° par heure environ.

Des barres à section carrée, forgées à 32^{mm} de côté, traitées comme il a été indiqué ci-dessus, puis ramenées par usinage à 30×30^{mm}, ont été tractionnées, et la traction a été arrêtée lorsque la striction était à peu près complètement formée, mais avant que la rupture se produise. On obtient ainsi un barreau dont la section a diminué d'une manière à peu près uniforme sur une grande partie de sa longueur, sauf dans la région strictionnée où il se produit des variations de section tres rapides.

---

(1) P. Dejean, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 188.

(2) Seigle, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 484.

On a découpé, parallèlement à l'axe des barreaux ainsi tractionnés, des éprouvettes de fragilité, type C. S. (Commission de Standardisation), prélevées en deux endroits différents du barreau de traction. Les unes ont été prises de manière que l'entaille se trouve exactement au milieu de la partie strictionnée du barreau, soit dans la section la plus faible, et les autres dans la région où les allongements ne sont pas influencés par la striction. Dans le premier cas (striction), nous avons admis que la charge unitaire supportée par le métal était égale à la charge lue au moment de l'arrêt de l'essai, divisée par la section de la striction. Dans le second (région non strictionnée) au contraire, nous avons admis que la déformation avait été complètement réalisée avant que la striction ne commence. C'est donc la charge maximum, divisée par la section au point considéré, qui représente dans ce cas la charge unitaire supportée par cette section. Quant à l'allongement correspondant, on sait que dans une barre de section initiale S amenée par traction à avoir une section S', l'allongement élémentaire local Δl dans cette section est égal à $\frac{S-S'}{S'}$. Ce sont donc ces chiffres que j'ai portés dans le tableau ci-dessous :

	Charge de traction kg/mm².	Allongement élémentaire local exprimé en %, $\Delta l = \frac{S-S'}{S'} \times 100$.	Résilience kgm/cm².
Échantillon A.			
Région non strictionnée	58,7	14,8	19,20
Striction	81	86,3	11,65
Échantillon B.			
Région non strictionnée	61	23,3	4,9
Striction	69	83,9	3,3
Échantillon C.			
Région non strictionnée	55,8	28,1	6,51
Striction	59	73	3,42

Avant toute déformation, les résiliences étaient respectivement $18^{kgm},7$ pour A; $11^{kgm},5$ pour B et $8^{kgm},4$ pour C.

L'inspection de ce tableau comparé à celui de la Note précédente [1] permet de faire les constatations suivantes :

---

(1) P. Dejean, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 188.

1° L'écrouissage par compression est beaucoup plus dangereux que l'écrouissage par traction, surtout pour les aciers cristallisés, par recuit prolongé à haute température (traitement C). En effet, un écrasement de 15,6 pour 100 donne à cet acier C une résilience de $2^{\text{kgm}},4$, alors qu'elle est encore de $4^{\text{kgm}},5$ après un allongement de 28 pour 100 et de $3^{\text{kgm}},42$ après un allongement de 73 pour 100.

2° Les échantillons B et C, qui se comportent d'une manière si différente après compression, donnent au contraire des résultats sensiblement identiques après traction.

3° Il n'y a donc aucune relation entre la fragilité communiquée à un acier doux par écrouissage, suivant qu'il est obtenu par traction ou par compression.

4° L'essai de flexion avec pliage à bloc, qui ne permet d'examiner que les fibres extérieures qui ont travaillé à la traction, est donc un essai très imparfait, et même dangereux, car il ne renseigne absolument pas sur la fragilité très grande que peut atteindre par compression, même assez faible, un acier doux cristallisé par recuit. C'est ainsi que les trois échantillons A, B et C, pris sous 15^{mm} d'épaisseur, plient tous à bloc sans criques, alors que l'échantillon C, en particulier, devient très fragile dès qu'il a subi un écrasement de 15 pour 100.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la stratification des planètes en surfaces d'égale densité.* Note de M. R. **Wavre**, présentée par M. J. Hadamard.

En considérant une masse hétérogène comme une superposition de masses homogènes, en exprimant la variation du potentiel newtonien de ces masses homogènes par des intégrales étendues aux surfaces d'égale densité, on peut (¹) ramener à l'équation intégrale

$$\omega^2\left(x\frac{dx}{ds}+y\frac{dy}{ds}\right)=\left(\int_{\rho_0}^{\rho_1}d\rho'+\rho_0\right)\int\int_{S_{\rho'}}\frac{\cos(d,n')}{r}\,d\sigma'$$

le problème du mouvement de rotation des planètes envisagées comme constituées par un fluide parfait.

On convient d'affecter d'un accent prime les quantités qui se rapportent aux variables d'intégration; ρ_1 est la densité au centre, ρ_0 la densité péri-

(¹) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 373.

phérique, ω la vitesse angulaire qui ne peut dépendre que de la distance à l'axe [1], d est la direction d'un déplacement $ds(dx, dy, dz)$ tangent aux méridiennes des surfaces d'égale densité, n' est la normale à la surface $S_{\rho'}$ de densité ρ'. On convient encore de faire $\rho' = \rho_0$ dans le facteur de ρ_0.

Si la densité subissait un saut sur des surfaces intérieures à la masse, on pourrait faire usage de l'intégrale de Stieltjes pour représenter le second membre de l'équation. Écartons ce dernier cas. Si la masse est homogène, l'intégration en ρ' disparaît; elle subsiste seule si la densité périphérique ρ_0 est nulle.

Sur les surfaces d'égale densité ρ, d'équation $R = R(\rho, \theta)$ en coordonnées polaires, faisons les *hypothèses* suivantes :

A. Les surfaces d'égale densité admettent un même plan de symétrie droite ou plan équatorial.

B. Elles ne sont rencontrées qu'en deux points par des parallèles à l'axe de rotation et au plan équatorial.

C. La dérivée $\frac{\partial R(\rho, \theta)}{\partial \rho}$ existe dans toute la masse sauf peut-être au centre, $\rho = \rho_1$, elle est continue en ρ, $\rho_0 \leqq \rho < \rho_1$ et inférieure à une constante négative. La densité est donc croissante de la périphérie au centre.

D. La dérivée $\frac{\partial R(\rho, \theta)}{\partial \theta}$ existe dans toute la masse sauf peut-être au centre, $\rho = \rho_1$, elle est continue et en valeur absolue inférieure à une constante positive.

E. La dérivée $\frac{\partial^2 R(\rho_0, \theta)}{\partial \theta^2}$ existe, sur la surface extérieure, dans le voisinage des pôles et de l'équateur.

Dans ces conditions très générales :

I. *Les surfaces d'égale densité tendront en forme vers un ellipsoïde quand on se rapproche du centre.*

Pour des surfaces homothétiques $R(\rho, \theta) = g(\rho)h(\theta)$, les hypothèses C et D sont satisfaites si les dérivées $\frac{\partial g(\rho)}{\partial \rho}$ et $\frac{\partial h(\theta)}{\partial \theta}$ sont continues et la première négative sur les intervalles $\rho_0 \leqq \rho \leqq \rho_1$, $0 \leqq \theta \leqq 2\pi$. Mais des surfaces homothétiques ne sauraient tendre vers la forme ellipsoïdale sans être des ellipsoïdes. Or, M. Volterra [2] a démontré qu'une stratification en ellip-

---

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 277.

(2) *Sur la stratification d'une masse fluide en équilibre* (*Acta mathematica*, **27**, 1903, p. 105-127).

soïdes homothétiques est impossible quand la masse tourne d'un bloc et M. Dive ([1]) a donné ce résultat remarquable : dans les conditions où se sont placés les différents auteurs, toute stratification ellipsoïdale est impossible, même si la masse ne tourne pas d'un bloc. Il faut en conclure :

II. *Les surfaces d'égale densité ne sauraient être homothétiques.*

Enfin, on sait que l'équation intégrale du début peut être envisagée comme une équation de première espèce de noyau

$$\int\int_{S\rho'} \frac{\cos(d, n')}{r} d\sigma'.$$

Il est à ce propos utile de signaler le fait suivant :

III. *Le noyau peut être symétrisé* par l'adjonction d'un noyau d'effet nul dans l'intégration en 0.

C'est en légitimant le droit à intégrer terme à terme un certain développement de $\frac{1}{r}$, qu'une laborieuse démonstration du résultat I fut obtenue. On la trouvera dans un autre Recueil.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés électriques de quelques composés métalliques.* Note de M. **H. André**, transmise par M. G. Ferrié.

Il résulte d'une série d'observations que certaines combinaisons d'un métal avec du soufre ou du phosphore présentent des changements de composition spontanés, ou facilement provocables par des agents physiques à action faible.

Les composés argent-soufre ou argent-phosphore, par exemple, sont capables d'absorber une certaine quantité de soufre ou de phosphore fondus à basse température.

Après cette sorte de saturation, ils acquièrent au point de vue de la résistance ohmique un coefficient de température négatif, élevé et variable, diminuant à partir d'une certaine température.

Le composé soufre-argent, le plus remarquable à ce point de vue, fournit les valeurs suivantes, susceptibles de varier considérablement avec le rechargement du soufre.

Ces valeurs sont obtenues avec un barreau de 14^{mm^2} de section et 50^{mm} de long :

([1]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 371.

t.	R.	t.	R.	t.	R.
°C.	ω	°C.	ω	°C.	ω
25	150	100	108	210	17
30	142	110	99	220	15
40	138	115	95	230	14
50	136	125	86	240	10
55	134	140	73	250	8
65	129	150	59	260	5,6
70	127	160	54	270	4,6
75	125	170	48	280	3,7
80	123	180	28	290	3
85	121	190	25	300	2
95	118	200	21		

t est la température, R la résistance ohmique.

La loi de variation est sensiblement la même pour divers degrés de rechargement en soufre, mais la résistance à froid peut être plusieurs fois celle mesurée dans cet essai, et la résistance à chaud plusieurs fois plus petite. Une technique appropriée donne des échantillons stables et convenables, permettant un grand nombre d'applications industrielles.

Jusqu'à 100° C. le produit ne se modifie pas. Au-dessous, il faut l'entretenir dans un état stable par enrobement permanent de soufre.

La forme du courant employé influe sur la composition, c'est ainsi que le courant continu déplace lentement l'argent. Le courant alternatif, à basse température, semble passer sans action apparente.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les constantes d'un quadripôle passif.* Note de M. **Vaulot**, présentée par M. Paul Janet.

Nous appelons *quadripôle passif* un assemblage quelconque de circuits électriques *ne contenant aucune source d'énergie électrique*, et comportant quatre bornes, dont deux sont appelées *bornes d'entrée* et les deux autres *bornes de sortie*.

Appelons :

V_1 et I_1 les tension et intensité aux bornes d'entrée;

V_2 et I_2 les tension et intensité aux bornes de sortie.

On sait que les quantités V_1, I_1, V_2, I_2 sont liées par des relations de la forme

$$(1) \qquad \left\{\begin{array}{l} V_1 = AV_2 + BI_2, \\ I_1 = CV_2 + DI_2. \end{array}\right.$$

A, B, C, D sont quatre constantes satisfaisant à la relation

$$AD - BC = 1. \tag{2}$$

Ces relations, vraies en courant continu permanent, le restent en courant alternatif sinusoïdal d'une fréquence déterminée au moyen d'une méthode qui représente par des imaginaires les quantités qui varient suivant une loi sinusoïdale; les quantités A, B, C, D qui entrent dans (1) et (2) sont alors imaginaires.

Nous nous proposons de traiter la question suivante :

Peut-on construire un quadripôle qui admette quatre constantes A, B, C, D *ayant des valeurs données ?*

Nous supposons bien entendu que ces constantes satisfont à la condition (2).

Posons

$$A = a + ja',$$
$$B = b + jb',$$
$$C = c + jc',$$
$$D = d + jd',$$

$a, b, c, d, a', b', c', d'$ étant des quantités réelles et j le symbole des imaginaires.

Formons le quadripôle sur une impédance $R + jX$, dont la partie réelle R ne peut pas être négative. Exprimons que la puissance moyenne à la sortie est toujours inférieure ou égale à la puissance moyenne à l'entrée. On trouve que l'expression

$$(ac + a'c')X^2 + 2(ad' - bc')X + (ac + a'c')R^2 + 2(bc + a'd')R + bd + b'd'$$

doit être positive ou nulle pour toutes les valeurs de R supérieures ou égales à zéro et pour toutes les valeurs de X. On trouve que les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il en soit ainsi sont

$$bc + a'd' \geqq 0, \quad ac + a'c' \geqq 0, \quad cd + c'd' \geqq 0, \quad ab + a'b' \geqq 0, \quad bd + b'd' \geqq 0. \tag{3}$$

Ces trois conditions ne sont d'ailleurs pas indépendantes si l'on tient compte des relations

$$\begin{cases} ad - a'd' - bc + b'c' = 1, \\ ad' + a'd - bc' - b'c = 0, \end{cases} \tag{4}$$

qui expriment la relation (2).

Ces formules (3) et (4) définissent, entre les variables V_2, I_2 et les

variables V_1, I_1, des transformations dont l'ensemble constitue un groupe, sous-groupe de première espèce du groupe spécial linéaire homogène.

Les relations trouvées sont d'ailleurs suffisantes.

Si A, B, C, D sont réels, elles expriment que ces quatre constantes sont de même signe, qu'on peut supposer positif. Le quadripôle est alors facilement réalisable, par exemple au moyen d'un Π contenant trois résistances réelles et précédé au besoin d'un transformateur parfait.

Le quadripôle le plus général, ayant quatre constantes A, B, C, D complexes, se construit en partant d'un quadripôle où ces constantes sont réelles, en le schuntant à l'entrée et à la sortie au moyen d'impédances purement imaginaires et en plaçant en outre à l'entrée une autre impédance purement imaginaire.

Remarque. — On sait qu'on peut caractériser le quadripôle au moyen d'autres constantes que A, B, C, D. Les conditions trouvées précédemment prennent alors une forme plus ou moins simple.

Ainsi, si l'on pose

$$V_1 = M_1 I_1 + N I_2, \qquad V_2 = N I_1 - M_2 I_2,$$

et si l'on désigne respectivement par m_1, m_2, n les parties réelles et par m'_1, m'_2, n' les parties imaginaires de M_1, M_2, N, les cinq conditions (3), précédemment trouvées, équivalent respectivement aux suivantes :

$$m_1 m_2 - n^2 \geqq 0, \qquad m_1 \geqq 0, \qquad m_2 \geqq 0,$$
$$m_1 n'^2 - 2 m'_1 n n' - m_1 n^2 + m_2 (m_1^2 + m_1'^2) \geqq 0,$$
$$m_2 n'^2 - 2 m'_2 n n' - m_2 n^2 + m_1 (m_2^2 + m_1'^2) \geqq 0.$$

On constate facilement que les trois dernières de ces conditions sont des conséquences des deux premières.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la fluorescence du chlore et du brome.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Brillouin.

Nous avons indiqué précédemment (¹) que l'emploi de la décharge oscillante dans un tube sans électrode garni de chlorure ou de bromure de sodium permet d'obtenir des spectres très intenses du métalloïde correspondant et de séparer dans ces spectres divers degrés d'excitation.

(¹) Voir L. et E. Bloch, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1740; **184**, 1927, p. 193.

Au cours de ces recherches, nous avons reconnu que pour une pression convenable le tube à décharge présente, outre la luminosité centrale et les flammes coniques qui la prolongent, une lueur plus faible de teinte caractéristique s'étendant uniformément jusqu'aux fenêtres de fermeture de l'appareil. La distance de ces fenêtres aux extrémités de l'enroulement inducteur est de 15^{cm} environ et peut être accrue notablement sans que la lueur caractéristique cesse d'être visible. La teinte de cette lueur est jaune rougeâtre avec le brome, violette avec le chlore.

Nous avons pensé d'abord qu'il s'agissait d'un phénomène de décharge parasite dans lequel les parois du tube joueraient le rôle essentiel. Mais cette interprétation s'accorde mal avec le fait que la lueur caractéristique apparaît assez brusquement pour une faible valeur de la pression (quelques centièmes de millimètre de mercure). La lueur se forme tout aussi bien lorsqu'un cylindre conducteur fermé à l'avant par une toile métallique est placé dans le tube à petite distance de l'enroulement; si la toile métallique est remplacée sur la moitié de sa surface par du métal massif, la lueur n'apparaît à l'intérieur du cylindre que sur la moitié qui reçoit la lumière de la décharge. Tout se passe comme s'il s'agissait d'un phénomène de *fluorescence* excité par un rayonnement issu de la décharge.

Cette hypothèse est confirmée par le fait suivant. Si l'on prolonge le tube à décharge par un ballon de large diamètre, la lueur de fluorescence apparaît dans ce ballon sous forme d'un faisceau nettement délimité, entouré d'une zone qui reste parfaitement obscure. Le faisceau est légèrement conique, de même section à l'origine que le tube principal. Il n'est pas déviable à l'aimant, il n'est ni réfléchi ni diffusé par une glace de verre, tout obstacle intercalé sur son passage crée une ombre nette à l'arrière de l'obstacle. A cet égard, le verre, le quartz, la fluorine se comportent comme également opaques. On conclut de là que le rayonnement excitateur est probablement du type des rayons ultraviolets lointains ou des rayons X mous. Un rayonnement tout à fait similaire a déjà été mis en évidence dans la décharge sans électrode par J.-J. Thomson et ses collaborateurs au moyen de l'effet photo-électrique. Dans la décharge ordinaire, le rôle de ces rayonnements ressort des expériences récentes de Dauvillier.

Le spectre de fluorescence du brome et celui du chlore ont pu être photographiés avec des durées de pose de quelques heures sous faible dispersion. Il convient pour cela de munir le ballon à fluorescence de courtes tubulures en regard placées à angle droit de la direction du faisceau. Ces tubulures sont fermées par des glaces de verre ou de quartz et l'on fait l'image de la

région centrale du ballon sur la fente du spectrographe. Dans ces conditions, les clichés de fluorescence du chlore et du brome sont pratiquement exempts des raies parasites pouvant provenir par diffusion de la lumière très éclatante de la décharge.

La fluorescence du chlore, qui n'a pas été signalée jusqu'ici, comporte dans la région violette un spectre de bandes cannelées, de structure assez compliquée, dégradées vers le rouge. Nous avons obtenu une quinzaine de groupes entre 3960 et 4920 A, les groupes les plus intenses étant situés au milieu du spectre, qui s'affaiblit rapidement à ses deux extrémités.

La fluorescence du brome sous l'action de la lumière visible a été découverte par Wood et étudiée qualitativement par Daure [1], qui a trouvé une bande d'apparence continue allant de 5000 A au rouge. Sous l'action des rayons X mous, nous obtenons une fluorescence orangée intense qui se résout en 25 bandes au moins comprises dans la région 6400-5100. Ici encore la structure est cannelée, les bandes sont dégradées vers le rouge, les bandes centrales étant les plus intenses. L'écart moyen des groupes au voisinage de la raie D est de 55 A environ [2].

Lorsque les conditions favorables à l'apparition de la fluorescence sont réalisées, on observe dans les canalisations de verre qui joignent le tube à décharge aux pompes une lueur dont la teinte générale est semblable à celle de la fluorescence : nous avons vérifié que les deux spectres sont identiques. Ce résultat semble indiquer un mécanisme commun pour la production des deux sortes de spectres, et une possibilité d'intervention des rayons X mous dans la luminosité générale de la décharge.

Notons que nos clichés de fluorescence présentent, outre les bandes caractéristiques du chlore et du brome, les bandes négatives de l'azote, les bandes de la vapeur d'eau, les bandes du premier et du troisième groupe négatifs du carbone (Baldet-Fowler). Toutes ces émissions sont produites par fluorescence sous l'action des rayons X mous.

---

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 31.

(2) Nous n'avons pu identifier d'une façon satisfaisante notre spectre de fluorescence du brome ni avec le spectre de bandes d'émission donné par Eder et Valenta, ni avec le spectre d'absorption de Hasselberg, ni avec le spectre observé par Fowler et Strutt en présence de l'azote actif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Électrolyse des dissolutions aqueuses d'acide oxalique pur*. Note (1) de M. **E. Doumer**, présentée par M. A. Desgrez.

On admet que, dans l'électrolyse des oxalates, l'ion oxalique se décompose entièrement, au moment de sa libération au pôle (+), en CO^2 qui se dégage. Cette réaction est à *peu près* vraie pour les oxalates neutres, mais elle ne l'est pas du tout pour les oxalates acides et surtout pour l'acide oxalique. En effet, pour les dissolutions pures d'acide oxalique, j'ai trouvé que l'électrolyse donne toujours au pôle (+) un mélange de CO^2 et de O^2, en proportions variables, il est vrai, mais dont l'oxygène forme une part importante et souvent fort prédominante. Ce mélange contient aussi parfois des traces d'oxyde de carbone et toujours une petite proportion d'un gaz inerte, que ses propriétés chimiques négatives et sa faible quantité n'ont pas encore permis de caractériser.

Dans les expériences qui suivent, où je me suis proposé d'étudier les phénomènes qui se passent au pôle (+) dans l'électrolyse des solutions d'acide oxalique pur, l'effet chimique total a toujours été mesuré par le volume d'hydrogène qui se dégage dans un voltamètre à gaz tonnant placé en série dans le circuit.

Les résultats obtenus sont contenus dans le tableau suivant où, pour la facilité de la comparaison, les volumes de CO^2 et de O^2 dégagés à l'anode ont été ramenés au même effet chimique uniforme correspondant à un dégagement d'hydrogène voltamétrique de 100^{cm^3}. La première colonne de ce tableau contient les numéros d'ordre des expériences; la deuxième, le poids en grammes d'acide oxalique contenu dans 1^l de dissolution; la troisième, l'intensité du courant en milliampères; la quatrième, la densité du courant en milliampères par millimètre carré; la cinquième, le volume de l'acide carbonique, et la sixième, le volume de l'oxygène recueillis à l'anode. Bien entendu, les volumes de CO^2 sont rendus très incertains par suite de la grande solubilité de ce gaz dans l'eau; je ne les donne d'ailleurs que pour mémoire.

(1) Séance du 14 mars 1927.

TABLEAU.

Numéros d'ordre.	Titres.	Intensités.	Densités.	Gaz anodiques CO^2.	O^2.
1......	20	10	1,20	2,2	46,0
2......	20	4	0,48	2,0	30,0
3......	20	1,5	1,97	1,6	48,0
4......	4	47,5	5,66	3,8	48,0
5......	4	0,75	0,09	80,5	24,0
6......	4	3	0,35	18,9	24,0
7......	20	90	1,45	4,0	44,0
8......	20	12	0,19	53,5	32,0
9......	20	115	1,85	3,6	44,0

(L'électrode était formée d'un fil de platine de $\frac{3}{10}$ ayant, suivant les cas, 66^{mm} et $8^{mm},9$ de longueur.)

On remarque : 1° Que dans toutes ces expériences il y a eu un dégagement d'oxygène relativement important;

2° Que cette proportion d'oxygène varie dans le même sens que la densité du courant;

3° Qu'elle oscille entre les deux limites 25 et 50 environ, soit entre le quart et la moitié du volume de l'hydrogène voltamétrique (100^{cm^3}).

Explication. — La présence de O^2 dans le mélange anodique ne peut guère s'expliquer par la décomposition de l'eau par l'ion oxalique, car cette réaction supposerait l'intervention d'une énergie étrangère qui n'apparaît à aucun moment de l'expérience. On ne comprendrait d'ailleurs pas pourquoi cet ion aurait ou n'aurait pas la propriété de décomposer l'eau suivant qu'il provient de l'acide oxalique ou d'un oxalate, alors que dans les deux cas il se trouve abondamment entouré d'eau. On ne comprendrait pas non plus que, dans l'électrolyse de l'acide oxalique, cette propriété variât dans les limites que j'ai indiquées et surtout qu'elle fût plus marquée lorsque la densité du courant est plus forte; il semblerait que le contraire fût plus facilement admissible.

Ce phénomène s'explique au contraire très simplement si l'on admet que, dans les solutions aqueuses d'acide oxalique, l'eau est elle-même ionisée assez fortement et que les ions oxaliques et les ions $\overline{OH}$ provenant de l'eau réagissent les uns sur les autres lorsqu'ils se dégagent ensemble dans le voisinage les uns des autres, dans la même sphère d'action, pourrait-on dire. Dans ces conditions, trois cas peuvent se présenter :

1° Les ions oxaliques se dégagent en même temps que des ions $\overline{OH}$ et

dans le voisinage les uns des autres; on pourra alors avoir la réaction

$$(1)\qquad \begin{matrix} \mathrm{COO + OH} \\ | \\ \mathrm{COO + OH} \end{matrix} = \begin{matrix} \mathrm{COOH} \\ | \\ \mathrm{COOH} \end{matrix} + O^2 \nearrow$$

qui thermochimiquement est possible. Il y aurait reconstitution d'une molécule d'acide oxalique et dégagement d'oxygène; le dégagement de CO^2 serait nul. Avec cette réaction, si elle était générale on aurait justement un dégagement d'oxygène qui serait égal à la moitié du volume de l'hydrogène voltamétrique.

2° Si, par suite d'une très grande dilution ou d'une très faible densité du courant, ces ions ne se dégageaient pas dans la même sphère d'action, les ions oxaliques, se dégageant seuls, se décomposeraient purement et simplement en CO^2. De leur côté, les ions de l'eau donneraient de l'eau avec dégagement de la moitié de leur oxygène. Dans ce cas, le volume d'oxygène recueilli serait justement la moitié de celui fourni par la réaction (1), c'est-à-dire le quart du volume de l'hydrogène voltamétrique.

3° Enfin, si les deux réactions qui précèdent interviennent ensemble, on aura un dégagement d'oxygène qui sera compris entre le quart et la moitié du volume de l'hydrogène voltamétrique.

C'est justement ce que nous donnent les expériences précédentes. Il semble donc que, du moins dans les solutions que j'ai employées, l'eau est ionisée dans la proportion d'environ 2^{mol} pour une d'acide oxalique, c'est-à-dire que si dans une solution il y a, par exemple, 88^{g} d'acide oxalique ionisé, il y aura 32^{g} d'eau également ionisée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mutarotation et alcalinité du milieu.*

Note de M. **H. Colin** et Mlle **A. Chaudun**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les pouvoirs rotatoires des divers sucres doués de mutarotation, glucose, lévulose, maltose, lactose, etc., tendent vers leur valeur limite avec des vitesses très différentes et qui dépendent d'un certain nombre de facteurs, notamment de la température et de la réaction du milieu.

L'influence de l'alcalinité est particulièrement remarquable; Schulze et Tollens [1], qui ont donné sur ce sujet quelques précisions, s'émerveillaient

(1) Schulze et Tollens, *Liebig's Annalen*, **271**, 1892, p. 49.

que l'ammoniaque, à la dose de 0,01 pour 100, pût encore accélérer nettement l'évolution du glucose.

Cependant, il s'en faut qu'à cette concentration la limite de sensibilité soit atteinte; nous avons eu l'occasion de le vérifier de la façon la plus minutieuse. Dès que les liqueurs ammoniacales ont un titre inférieur à $\frac{N}{40}$, la transformation isomérique du glucose, à la température de 13°, n'est plus instantanée; à la dose de $\frac{N}{250}$, la vitesse est multipliée par 23 environ; les solutions $\frac{N}{5500}$ agissent encore légèrement; mais si l'on dilue à $\frac{N}{7000}$, on ne constate plus aucune accélération; l'action de la potasse ou de la soude cesse également de se faire sentir à cette dose.

Les résultats sont plus curieux encore si l'on s'adresse au lévulose; en présence d'ammoniaque $\frac{N}{2500}$, le sucre prend immédiatement sa forme stable; pour une concentration deux fois moindre, $\frac{N}{5000}$, l'évolution dure moins de 10 minutes, à 12°, au lieu de 40 en solution aqueuse; NH^3 agit encore nettement à la dilution de $\frac{N}{30000}$; il faut étendre jusqu'à $\frac{N}{40000}$ pour voir cesser toute action de l'alcali. Sensibilité invraisemblable qui laisse très loin celle des indicateurs les plus réputés et qu'on pourra mettre à profit pour résoudre maintes difficultés.

Les auteurs sont d'accord pour rapporter aux ions OH l'influence des alcalis sur la mutarotation des sucres; de fait, une base non dissociée telle que la pyridine est sans action, du moins à la dilution de $\frac{N}{100}$; l'urée à 2 pour 100 n'agit pas davantage; inversement, toutes les bases fortes, potasse, soude, chaux, se conduisent sensiblement de la même façon.

Cela étant, il est évident qu'une base faible comme l'ammoniaque ne peut accélérer l'évolution des sucres aussi efficacement que la soude tant que la dissociation n'est pas totale de part et d'autre. C'est bien ce qui ressort des données suivantes :

Conditions expérimentales. — Concentration en glucose, $3^g,9$ pour 100; $l = 5^{dm}$, $t = 14°,5$, $\lambda = 5461$.

		Temps (en min.).	I. Eau distillée.	II. NH^3.	III. NaOH.
a. Concentration de l'alcali	$\frac{N}{550}$	3	18°,95	16°,13	13°,09
		15	17,98	12,23	11,36
		30	17,15	11,53	11,37
b. » »	$\frac{N}{1100}$	3	18,94	17,07	14,79
		15	17,67	12,71	11,61
		30	16,80	11,97	11,42
c. » »	$\frac{N}{2750}$	3	19,04	18,40	18,06
		15	18,20	15,80	14,72
		30	17,27	13,98	12,67
d. » »	$\frac{N}{5500}$	3	18,95	18,95	18,92
		15	17,95	16,94	16,70
		30	17	15,18	14,92
e. » »	$\frac{N}{6800}$ ...	3	19,10	19,10	19,10
		15	18,15	18,10	18,11
		30	16,92	16,90	16,90

L'action de la soude et celle de l'ammoniaque sur l'évolution du glucose ne sont parallèles que vers la dilution de $\frac{N}{5500}$; c'est donc seulement à partir de là que l'ammoniaque peut être considérée comme totalement dissociée. On ne savait rien à cet égard sinon que la conductibilité moléculaire des liqueurs ammoniacales millinormales n'est guère que la huitième partie de la conductibilité limite évaluée d'après les nombres de transport.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'hydrogénation de la dibenzalacétone et de la dibenzylacétone.* Note de MM. **W. Ipatief** et **Orloff**, présentée par M. C. Matignon.

Borsche (1), Paal (2), et Borsche et Wollemann (3) ont étudié l'hydrogénation sous pression normale de la dibenzalacétone en présence du palladium colloïdal. Ces auteurs ont employé le benzol et l'alcool comme dissolvants. Quand la saturation avec l'hydrogène est complète on obtient un bon rendement en dibenzylacétone; quand elle est partielle une double liaison est seule saturée; il se forme en même temps de petites quantités de produits cristallisés.

(1) *Berichte*, 45, 1912; (2) *ibid.*, p. 2221; (3) *ibid.*, p. 3713.

On doit attendre les mêmes résultats de l'hydrogénation sous pression :

$$C^6H^5-CH=CH-CO-CH=CH-C^6H^5$$
$$\rightarrow C^6H^5-CH^2-CH^2-CO-CH^2-CH^2-C^6H^5.$$

L'oxyde de cuivre, qui est souvent un très bon catalyseur d'hydrogénation pour les liaisons doubles, n'est pas utilisable dans le cas présent.

Malgré l'emploi d'un dissolvant, l'hydrogénation ne marche pas et toute la cétone se transforme dans une masse goudronneuse épaisse et sombre. Si l'on prend comme catalyseur l'oxyde de nickel, on obtient un résultat tout à fait différent. Plus de la moitié de la cétone se transforme en dibenzylacétone qui se sépare facilement à l'état pur de la masse goudronneuse par distillation.

Cette masse ne se décompose pas pendant la distillation dans le vide.

Nous avons remarqué la grande influence du dissolvant et de la concentration sur le rendement.

Quand on emploie comme dissolvant le cyclohexane, dans lequel la dibenzalacétone est difficilement soluble, la transformation n'a pas lieu. Malgré l'absorption de l'hydrogène, le produit de la réaction (après l'entraînement du dissolvant par la vapeur d'eau) est un corps très fragile, amorphe, transparent, facilement décomposable par échauffement avec formation de combinaisons non saturées et ne possédant pas une température d'ébullition déterminée. Ce corps contient 84,91 pour 100 C et 10,38 pour 100 H. Il est différent de la masse goudronneuse, qui reste après la distillation du produit, quand l'hydrogénation a eu lieu.

Le rendement dépend de la concentration.

La solution	benzénique à	15 pour 100	donne un rendement de....	60 pour 100
»	»	35	»	 25	»
»	»	50	»	 10	»
»	alcoolique à	20	»	 20	»

Les expériences étaient faites dans l'appareil à forte pression, sans agitateur, du système W. Ipatief. La dibenzalacétone était préparée par condensation de la benzaldéhyde avec l'acétone en milieu alcoolique en présence d'alcali (méthode Strauss-Caspari).

La quantité d'oxyde de nickel était de 15 pour 100 du poids d'acétone.

La pression initiale était $70-100^{atm}$, la température $170-180^{\circ}$ et la durée de chauffage 24 heures. La réaction est terminée quand la pression cesse de s'abaisser; on sépare l'oxyde de nickel par filtration et par distillation le benzol employé comme dissolvant.

Le résidu passe à 209° sous la pression de 10^{mm}. Ce produit bout vers 335-340° sous la pression normale. Refroidi il cristallise et la masse cristallisée fond vers 13-14°.

L'analyse a donné :

	I.	II.	Calculé pour $C^{17}H^{18}O$.
C............	85,63	85,68	85,71
H............	7,68	7,62	7,56

M exp. = 238,6, M calc. = 237.

L'oxime, que l'on obtient par une ébullition de plusieurs heures de la cétone avec le chlorhydrate d'hydroxylamine dissous dans une quantité 10 fois plus grande d'alcool et additionné de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, fond vers 91°.

En vue d'étudier par la suite quelques propriétés des dicyclohexylènes paraffines, nous avons hydrogéné cette acétone avec l'oxyde de nickel, dans la solution de cyclohexane et sous pression. L'hydrogénation est terminée après 12 heures de chauffage à la température de 240°. Après la distillation du dissolvant il reste une huile, qu'on traite avec l'acide nitrique fumant, pour éliminer les impuretés; on obtient ainsi le 1,5-dicyclohexylpentane pur, dont la température d'ébullition est 315°; il ne décolore pas la solution de permanganate et n'agit pas sur le mélange nitrant, il est évident que la cétone est complètement hydrogénée selon l'équation

$$C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CH^2.C^6H^5 \rightarrow (C^6H^{11})(CH^2)^5(C^6H^{11}).$$

On a trouvé

$$d^0 = 0,8836; \quad n_D = 1478.$$

L'analyse donne

$$C = 86,23; \quad H = 13,67;$$

calculé pour $C^{17}H^{32}$:

$$C = 86,44; \quad H = 13,56.$$

Le carbure d'hydrogène ainsi obtenu est identique avec le composé préparé par Sabatier en hydrogénant le 1,5-diphénylpentane.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Caractérisation des bois vieux par rapport aux bois verts.* Note [1] de MM. **Roger Lyon, G. Fron** et **M. Fournier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le bois vert, c'est-à-dire fraîchement débité, ne s'utilise guère dans l'industrie : on a coutume, avant emploi, de le laisser plusieurs années en chantier ; il devient ainsi du bois vieux jouissant de propriétés particulières et ayant une valeur marchande beaucoup plus élevée, même que du bois vert séché artificiellement.

Nous nous sommes proposé de préciser les caractères qu'un tel bois a pris, de donner une méthode permettant de différencier un bois vieux, ainsi défini, d'un bois vert plus ou moins desséché :

Tout d'abord, l'étude au microscope montre des différences : des coupes longitudinales tangentielles sont faites dans deux échantillons, de hêtre par exemple, l'un provenant d'un arbre abattu l'hiver précédant, l'autre d'une pièce de bois ayant une dizaine d'années de chantier ; les coupes, après déshydratation, sont montées au baume de Canada, sans aucune coloration. Dans le premier échantillon, les cellules du parenchyme ligneux et des rayons médullaires apparaissent vides de tout contenu (*fig.* 1); dans le second, ces cellules contiennent des dépôts amorphes, localisés contre les deux membranes (*fig.* 2), dépôts formés de matières diverses se colorant en bleu foncé avec les sels ferriques, ce qui les apparente aux tannins.

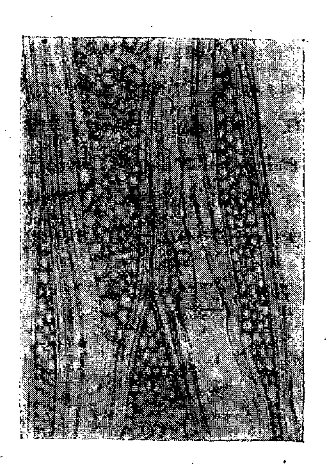


Fig. 1.



Fig. 2.

(1) Séance du 14 mars 1927.

Un dosage de ces derniers, par la méthode à l'acétate de zinc et au permanganate de potassium, a d'ailleurs fourni les chiffres suivants, calculés en gallotannin :

Hêtre vert......	0,171 pour 100	Hêtre vieux......	0,335 pour 100
Charme vert....	0,095 »	Charme très vieux.	0,123 »

Le bois vieux, tout au moins pour les deux essences envisagées, apparaît donc plus riche en tannin que le bois vert.

Ces diverses observations nous ont amené à chercher d'autres méthodes de différenciation, et celle qui nous a donné les meilleurs résultats est la méthode ionimétrique appliquée à une solution produite par la macération du bois dans des conditions déterminées :

Un poids donné de bois à examiner, soit 10g séché à l'étuve à 0 pour 100 d'humidité, est mis, par petits fragments, dans 80cm³ d'eau distillée.

Le flacon contenant le mélange est placé dans un bain-marie qui est porté pendant 10 minutes à l'ébullition. Au bout de ce temps, le liquide a pris une légère coloration jaune, variable suivant l'échantillon et provenant de l'entraînement des éléments solubles du bois. On ramène ce liquide à la température ordinaire et l'on en prend le pH.

Par exemple, pour le hêtre, nous nous sommes procuré des échantillons de bois vert provenant d'arbres abattus dans le courant de l'hiver 1926-1927, débités en usine aux mois de janvier et février de cette dernière année. Ces échantillons, au nombre de plus de 20, ont été prélevés sur des arbres d'origines diverses (Haute-Marne, Eure, Meuse, Somme, etc.). Les solutions ont été faites comme il est indiqué et ont donné un pH variant entre 5,5 et 6.

D'autre part, nous avons mesuré le pH de solutions faites avec des bois de hêtres vieux de plus de quatre années et parfaitement sains. Nous avons eu les chiffres suivants :

Hêtre 1924............	4,80	Hêtre 1912............	4,60
Hêtre 1923............	4,90	Hêtre 1910............	4,90
Hêtre 1920............	4,60	Hêtre de plus de 30 ans.	4,40
Hêtre 1914............	4,40		

Soit un pH compris entre 4,4 et 4,9.

D'autres bois nous ont donné les chiffres suivants :

Charme vert........	5,20 à 5,60	Charme vieux........	4,40 à 4,80
Orme vert..........	6,5 à 6,7	Orme vieux (1890)....	5,20
Cormier vert........	5 à 5,10	Cormier vieux........	4,20
Poirier vert.........	5,60	Poirier vieux.........	4,40
Noyer vert..........	5,20	Noyer vieux.........	4,60
Epicéa vert..........	5,20	Epicéa vieux.........	4,60

Les bois de chêne et de châtaignier, trop riches en tannin, ne nous ont pas donné

jusqu'à présent de résultats concluants et, pour le noyer, la macération a été faite avec seulement 1g de bois.

Les chiffres ci-dessus montrent que, pour une espèce donnée, quand on considère des échantillons de bois vert d'origines différentes, le pH de la macération varie dans certaines limites qu'il est facile de préciser. Lorsque le bois vieillit, le pH de la macération se modifie, le bois devient en général plus acide et la macération est d'un pH bien inférieur à la limite des variations du bois vert. La différence est telle qu'elle permet de caractériser l'un et l'autre.

Ces observations nous conduisent aux conclusions suivantes :

1° Le bois vieilli en chantier, suivant la pratique courante, présente une constitution chimique différente de celle du bois vert de la même essence, même ayant subi une dessiccation artificielle.

2° Le changement dans la constitution chimique du bois peut être mise en évidence soit par l'observation microscopique, soit par la mesure de la concentration en ions hydrogènes de la partie soluble dans l'eau. Par cette dernière méthode, il est possible de différencier rapidement un bois vieux d'un bois vert de la même espèce.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Pliocène inférieur marin dans l'île de Nikaria (mer Égée).* Note (1) de M. **Const. A. Kténas**, transmise par M. Charles Depéret.

La mission de l'Université d'Athènes pour l'exploration géologique de l'île de Nikaria, dans la mer Égée orientale, en 1924 et 1925, a pu y constater la présence de couches marines du Pliocène inférieur. La présente Note donne les caractéristiques de ce gisement.

L'île de Nikaria d'une longueur de 40km se trouve dans le prolongement, vers l'Ouest, de l'île de Samos, dont elle est séparée par un canal large de 18km. Elle est formée de granite gneissique, et de couches cristallophylliennes appartenant aux systèmes M_1, M_2 et M_3 (2). Ce n'est que dans la partie sud-orientale de l'île qu'apparaît le Néogène; il s'y présente au bord

(1) Séance du 14 mars 1927.

(2) Const. A. Kténas, *Les plissements d'âge primaire dans la région centrale de la mer Égée* (*Compte rendu du XIIIe Congrès géol. intern.*, 1, 1923, p. 571. *Contribution à l'étude géologique de la presqu'île d'Erythrée* (Asie Mineure) (*Annuaire de la Faculté des Sciences*, Athènes, 1, 1925, p. 57).

de la mer, sur une bande étroite et discontinue d'une longueur d'environ 6km.

La puissance de couches néogènes est difficile à apprécier. Elles sont fortement disloquées et plongent, parfois, comme dans le district de Paraguia Kéramé, sous un angle de 80°. Vers le Nord et l'Ouest, le Néogène bute partout contre les couches de marbre et de schistes lustrés du système M_3 qui composent l'extrémité orientale du mont Atheras.

A la constitution lithologique du Pliocène inférieur prennent part : 1° des couches conglomératiques dont les galets bien roulés, de la grandeur maximum du poing, sont formés de marbre, plus rarement de quartz ou de roches gneissiques kaolinisées; 2° des grès grossiers et des grès à éléments très fins, dont le ciment est presque toujours calcaire; 3° des calcaires marneux très compacts et bien stratifiés.

En résumé, le Pliocène comporte à l'île de Nikaria des dépôts détritiques littoraux associés à des sédiments marno-calcaires jaunes très développés.

L'âge plaisantien-astien de ces couches est défini par une faune de Cardiides, riche en individus mais pauvre en espèces; elle se trouve de préférence dans les grès calcaires à éléments très fins. M. Depéret, qui a bien voulu déterminer mes matériaux, a conclu de leur examen que c'est une faune d'un faciès marin, légèrement saumâtre, qui rappelle le Pliocène inférieur du sud d'Athènes. A part quelques *Cardium* et *Auriculidés* peu déterminables spécifiquement, M. Depéret a reconnu la présence de *Cardium* (*Limnocardium*) *bollenense* Mayer, *Syndosmya alba* Wood et *Venus ovata* Penn.

Le Pliocène marin est arasé, dans le district de Démonopétra, par une surface d'abrasion marine située quelques mètres au-dessus du niveau de la mer. Cette terrasse, très faiblement inclinée vers la mer, est couronnée par des couches quaternaires de poudingues, d'une dizaine de mètres d'épaisseur. Les éléments détritiques sont souvent angulaires et atteignent parfois des dimensions considérables.

Cet ensemble de faits communique à la paléogéographie de Plaisancien dans la mer Égée une nouvelle physionomie. En effet, nos connaissances sur la mer du Pliocène ancien se bornent aujourd'hui à l'existence des dépôts marins dans le sud du Péloponnèse, signalés par l'Expédition de Morée; puis à Raphina en face l'île d'Eubée: à l'île de Milo (collection Université Athènes) et enfin dans l'île de Crète, où ils ont été étudiés en détail par M. Cayeux [1]. En outre, dans les détroits pliocènes de Corinthe et de

---

[1] *Existence du Pontique marin dans l'île de Crète* (*Comptes rendus*, 151, 1911, p. 981); *Les transformations du massif des Cyclades à la fin des temps tertiaires* (*ibid.*, p. 1796).

Mégare, l'intervention de la mer se manifeste presque dès la base de la série pliocène, comme cela a été établi par les recherches de M. Depéret ([1]).

La présence des couches marines à l'île de Nikaria fait ressortir que la région comprise entre les Cyclades et l'Attique, à l'Ouest, et les côtes de l'Asie Mineure, à l'Est, n'était pas soumise partout à un régime lagunaire (dépôts levantins); la mer, au début du Pliocène, pénétrait déjà jusqu'au détroit situé entre les îles de Nikaria et de Patmos ([2]).

CYTOLOGIE. — *Observation vitale de la caryocinèse.* Note de M. **P. Martens**, présentée par M. Guignard.

Utilisant principalement des styles en développement d'*Arrhenatherum elatius*, nous avons étudié *sur le vivant* et pu suivre, sans interruption, toutes les phases de la caryocinèse. Nous résumons ici quelques-uns de nos résultats.

1° *Prophase.* — Tout au début de cette période, le noyau contient une sorte de réseau, à mailles un peu plus larges et plus écartées qu'en interphase ([3]); ces mailles elles-mêmes sont formées de filaments très minces, simples, indivis, très finement zigzagants et reliés çà et là par des filaments rectilignes également très minces. Les filaments en zigzag sont fréquemment interrompus et il n'y a aucune indication de *spirème continu.* Ensuite le noyau grandit et le calibre des filaments augmente; mais les transformations intrachromosomiques et, entre autres, les détails du clivage longitudinal sont peu décelables.

Vers la fin de la prophase, on distingue de moins en moins la membrane nucléaire et l'on assiste à la disparition progressive des filaments d'union. Les anses chromosomiques sont fréquemment perpendiculaires au grand axe de la cellule et parallèles à la future plaque équatoriale; dans ce cas, on peut voir tous les chromosomes *subir une lente conversion*, de façon à s'orienter tous perpendiculairement à l'équateur. Il semble même que c'est le noyau tout entier qui se déplace plutôt que les chromosomes au sein du suc

---

([1]) *Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe* (*Comptes rendus*, 156, 1913, p. 427).

([2]) A l'île volcanique de Patmos, M. Desio a constaté la présence d'un gisement restreint de calcaire néogène marin dont l'âge exact ne peut pas être déterminé (*Bolletino Società geol. ital.*, 43, 1924, p. 115).

([3]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 615.

nucléaire. L'achèvement de cette conversion coïncide avec la fin de la prophase. L'ensemble de ces transformations prophasiques dure 35 à 45 minutes, dont 5 environ pour le mouvement de conversion final.

2° *Métaphase et anaphase.* — On ne peut rien distinguer du fuseau au cours de ces deux périodes. La plaque équatoriale reste visible pendant 7 à 10 minutes; après quoi, le début de dissociation dicentrique des moitiés longitudinales produit une image assez brouillée qui persiste 3 à 5 minutes. L'ascension polaire se précise alors et les deux groupes chromosomiques, s'écartant lentement l'un de l'autre, laissent entre eux un phragmoplaste en tonnelet, très clair et *parfaitement homogène*. Les chromosomes sont longs, grêles, sinueux et d'insertion diverse.

3° *Télophase.* — L'ascension polaire achevée — elle dure de 15 à 20 minutes, — on voit se former la *plaque cellulaire*. Elle apparaît dans la région équatoriale du phragmoplaste — d'abord à sa périphérie (?), puis de part en part, — sous forme d'une ligne foncée, ondulante, *homogène*, sans granulation discernable; on ne distingue pas de fibres d'union.

Entre temps, les chromosomes de chaque groupement polaire se sont encore rapprochés *latéralement* et l'on peut voir les « bouts » de chromosomes les plus longs, ceux qui émergent encore du groupement du côté équatorial, *se recourber lentement vers le pôle* contre ce groupement, jusqu'à se loger complètement à l'intérieur de celui-ci. Il est certain qu'au stade de rapprochement latéral *maximum*, — qui se prolonge 3 à 5 minutes, — un certain espace libre persiste encore entre les divers chromosomes; après quoi se produit un écartement progressif. *Il n'y a donc pas, en fait, de vrai tassement polaire* impliquant un *contact latéral* étroit.

Dans le noyau fille en accroissement, les chromosomes écartés conservent d'abord leur forme et leur allure de bâtonnet massif et, entre leurs anses, apparaissent d'emblée, au sein d'un suc nucléaire très clair, — et 10 à 15 minutes après la fin de l'anaphase, — les premières *anastomoses filamenteuses*. Peu nombreuses d'abord, elles se multiplient au cours de la télophase jusqu'à former, à la fin de celle-ci, un véritable réseau dont les mailles englobent les anses chromosomiques. Ces dernières subissent concurremment une transformation progressive. Elles s'allongent, prennent des allures contournées. Bientôt elles paraissent s'amincir en certains points, perdre une partie de leur substance et ne plus laisser subsister qu'une sorte de squelette *filamenteux*, toujours plus ou moins « zigzagant » et dont la netteté croît avec le temps. Ceci s'observe 20 à 35 minutes après la fin de l'ascension polaire.

A partir de ce moment, l'examen vital prolongé d'une télophase en cours ne laisse plus discerner que l'*accentuation* des phénomènes précédents, et bientôt il devient pratiquement impossible de distinguer les filaments d'union d'avec ceux qui appartiennent aux bandes chromosomiques. Le réseau interphasique *n'est donc que l'ensemble des chromosomes télophasiques* — à peine plus évolués — et dont les mailles filamenteuses sont reliées par des filaments d'union.

Grâce à une technique appropriée, il est possible de soumettre chacun des stades cinétiques à l'action contrôlée des fixateurs sous l'objectif même, l'œil ne quittant pas l'oculaire et suivant donc, seconde par seconde, l'effet de la fixation. Ces expériences ont montré qu'une fixation adéquate ne bouleverse ni ne déplace jamais les éléments de la figure cinétique observables sur le vivant, qu'elle *précise et accentue* ceux-ci sans les transformer et sans créer (à part certains détails) de *structure chromosomique* nouvelle. Elle n'est responsable, ni de l'allure finement zigzagante des filaments minces indivis du début de la prophase, ni des anastomoses interchromosomiques de la prophase et de la télophase, ni de la structure des bandes télophasiques. Par contre elle amincit ces mêmes anastomoses interchromosomiques; elle accentue l'aspect de tassement polaire; enfin, elle fait apparaître les filaments fusoriaux.

BOTANIQUE. — *Influence du calcium sur le* Penicillium glaucum. Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

En suivant la manière dont, au seul point de vue morphologique, se comporte un végétal placé dans diverses solutions plus ou moins nutritives, on peut en déduire des remarques qui laissent parfois quelques doutes sur les conclusions que l'on tire du simple examen du poids sec.

C'est ainsi qu'il est admis, en général, que le calcium n'est d'aucune utilité pour la nutrition de certaines Mucédinées telles, par exemple, que le *Penicillium glaucum*, cette moisissure bleue si répandue partout. Or, ainsi que j'ai pu le constater, si l'on cultive ce *Penicillium* sur du liquide de Raulin (stérilisé), liquide où ne figure aucun composé du calcium, on n'obtient, par exemple, au bout d'une dizaine de jours (à la température d'environ 20°), qu'un mycélium stérile, c'est-à-dire blanc, et ne présentant que de vagues traces de taches bleues, tandis que, si on le cultive dans du liquide de Raulin additionné d'une petite quantité (environ 0,5 pour 1000) d'un sel de calcium

(nitrate, sulfate, chlorure) [1], le mycélium est, au moins, aussi abondant (du moins à l'aspect), et, en outre, se couvre d'un très copieux tapis de conidies bleues. Je crois que l'on peut conclure de ces expériences que si, à ce que certains assurent, le calcium n'est pas « indispensable » à la bonne végétation du mycélium, il est, par contre, très utile à la formation des conidies, organes de multiplication de la Mucédinée, ce qui, au point de vue purement botanique, voire même biologique, présente un grand intérêt.

Je crois donc, en résumé, qu'il est inexact de dire que le calcium est *inutile* au *Penicillium glaucum*, puisque sa présence est *nécessaire* à la bonne formation des conidies [2].

On pourrait avoir quelques doutes sur cette action « indispensable » à ce fait que, sur le liquide de Raulin sans calcium, le mycélium du *Penicillium* présente quelques vagues traces de teintes bleues, évidemment produites par de rares appareils conidiens, tout au moins rudimentaires. Mais, à cette objection, on peut répondre qu'en réalité le liquide de Raulin n'est pas *rigoureusement* exempt de calcium, lequel se trouve, en quantités minimes, dans les produits, dits « chimiquement purs » par les commerçants, dont le mélange le constitue et, notamment dans le sucre qui en contient parfois, d'après Mlle Th. Robert, jusqu'à 2^{mg} pour 100^{g}. De plus, les conidies avec lesquelles on ensemence le liquide en renferment, peut-être, aussi une minuscule quantité et, en outre, le mycélium peut, vraisemblablement, en puiser dans le verre des vases (fioles d'Erlenmeyer) où croît la moisissure; on a d'ailleurs une preuve manifeste — presque une confirmation — de cette hypothèse à ce fait que, si, dans un liquide Raulin (sans calcium) des débris de mycélium viennent à se coller sur la paroi du vase, on les voit peu à peu bleuir et se couvrir de conidies [3].

---

(1) Eau, sucre, acide tartrique, nitrate d'ammoniaque, phosphate d'ammoniaque, carbonate de potassium, carbonate de magnésie, sulfate d'ammoniaque, de zinc, de fer, silicate de potassium.

(2) Très net avec le nitrate et le sulfate, le fait l'est moins avec le chlorure qui, par ailleurs, devient rapidement toxique si l'on en augmente la dose.

(3) A noter qu'il ne faudrait pas généraliser et croire que ces faits sont applicables à *toutes* les Mucédinées; c'est ainsi que, pour la formation des conidies du *Sterigmatocystis nigra*, la présence ou l'absence de calcium m'a semblé tout à fait indifférente (du moins sous la forme de nitrate, seul composé calcique que, jusqu'ici, j'ai utilisé).

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Apparition brusque d'une orge à barbes lisses.* Note [1] de M. E. MIÈGE, présentée par M. Roux.

Une orge Gulkorn pure (*Hordeum distichum nutans* L.), maintenue depuis 1921 en culture pédigrée à Rabat et, simultanément, à 1000^m d'altitude à partir de 1924, a donné naissance, cette même année et dans cette dernière Station, à une plante dont tous les épis étaient pourvus de barbes parfaitement lisses, tandis que l'ensemble de la récolte continuait de porter, comme son ascendance, des barbes franchement épineuses. Les grains des deux catégories furent semés, à la fois à Rabat et dans le Moyen Atlas, en 1925 et en 1926; l'examen des générations successives a donné lieu aux constatations suivantes :

1. Alors qu'habituellement les orges dites « à barbes lisses » possèdent, en réalité, de petites épines à leur partie supérieure, les barbes de la plante subitement apparue en 1924 étaient complètement dépourvues de dents sur toute leur longueur. La descendance de cette plante est devenue légèrement rugueuse, en première génération, dans les deux stations. En altitude, la F_2 a accentué ce retour au caractère épineux qui, sur le littoral, est devenu considérable, aussi marqué que dans la variété originelle et à peu près semblable à celui des orges ordinaires à deux et à quatre rangs; toutefois, une plante épineuse de la récolte faite à Rabat en 1926 portait un épi, d'ailleurs complètement échaudé, dont les barbes étaient parfaitement lisses. Contrairement aux observations de Colin et Trouard-Riolle [2] et de Vavilov [3], il y a donc eu retour, partiel en F_1, et presque total en F_2, au type rugueux.

2. Dans les deux générations, la perte d'épines a été associée à la modification de plusieurs caractères, en particulier : augmentation de la longueur des grains (qui passe de 9 à 10^{mm}), diminution de la compacité des épis (qui s'abaisse de 32-33 à 26-25), accentuation du port *nutans*, augmentation de la fragilité et de la finesse des barbes (de 0^{mm},9 à 0^{mm},6), diminution sensible de leur longueur (de 14^{cm} à 11^{cm} et même 8,75), accroissement de la longueur et de la fragilité des glumes, de la grosseur de la tige et des grains, qui sont normalement constitués.

3. La plante anormale trouvée en 1924 peut provenir d'une mutation par perte, origine probable des orges à barbes lisses selon R. Regel (1908), ou d'un croisement spontané entre deux orges à barbes rugueuses cultivées côte à côte (Gulkorn et escourgeon indigène), cas le plus fréquent et le plus vraisemblable d'après Vavilov [3].

---

[1] Séance du 14 mars 1927.

[2] *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1854, et **180**, 1925, p. 1129.

[3] *De l'origine de l'orge à barbes lisses* (*Bull. Bur. Botan. appl.*, Leningrad, 1922, p. 201).

L'étude poursuivie depuis six ans, de la variation des espèces élémentaires d'orges sous le climat marocain, et celle de six variétés à barbes plus ou moins lisses, laissent supposer que les facteurs écologiques et les conditions climatériques annuelles ne sont pas sans influence sur les mutations de ces caractères.

BIOLOGIE VÉGÉTALE — *Libération, par voie traumatique, de la symbiose fungique de plantules de Cattleyées*. Note de M. **Robert Lami**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Le Moucheron du Polypode (*Sciara* sp.) est introduit dans les serres à orchidées avec les racines de Polypode, qui, mélangées au Sphagnum, constituent un des meilleurs compost pour la culture des orchidées adultes. Ses larves causent souvent de grands dégats aux jeunes semis de Cattleyées qu'elles peuvent attaquer depuis les premiers stades du protocorme jusqu'au moment de l'apparition des racines.

Les œufs de cet insecte sont déposés dans le compost employé pour le semis ou le repiquage des jeunes plantules; ce compost est constitué généralement par un mélange de Sphagnum et de Polypode haché ou par des déchets pulvérulents de coir. Les larves lucifuges qui en éclosent vivent et se déplacent dans la profondeur du compost, et s'y nourrissent principalement des filaments mycéliens divers, y compris ceux de *Rhizoctonia*, qui abondent dans ce compost.

La nuit, ou par une lumière atténuée, les larves remontent quelquefois à la surface du compost et broutent, par la partie inférieure, le voile de mycélium qui s'y étend.

Il arrive alors fréquemment qu'une larve rencontre un protocorme ou une plantule plus ou moins développée. Généralement, elle l'attaque par la base et ronge la partie postérieure (basale) du protocorme. Si souvent elle dévore l'intérieur du protocorme et le vide totalement, ses ravages sont quelquefois plus limités.

Nous avons observé des protocormes ayant dépassé le stade toupie et possédant une ou deux feuilles, dont les larves de *Sciara* n'avaient dévoré que la partie inférieure, seule région de la plantule contenant le Rhizoctone symbiotique. Les plantules ainsi lésées deviennent parfaitement asymbiotiques, ainsi que les coupes pratiquées nous l'ont montré après coloration au bleu coton.

Si ces plantules, devenues asymbiotiques, sont maintenues dans des conditions d'humidité exagérées, une infection bactérienne et mycélienne s'établit et ne tarde pas à les faire périr. Si, au contraire, elles sont tenues dans un état de siccité suffisant, sans être excessif, la plaie peut se cicatriser et la plantule continuer à vivre. Dans ce dernier cas, quelques semaines plus tard, la première racine se développe latéralement comme chez des plantules non lésées. Dans quelques cas, nous avons observé le départ de la racine sur la surface cicatricielle, à la partie inférieure du protocorme. La racine continue à croître, les feuilles se développent et la plantule, parfaitement viable, continue son évolution normale.

Nous avons recherché si, dans de telles plantules, il ne se produisait pas une invasion secondaire de Rhizoctone, mais ni dans ce qui subsistait du protocorme, ni dans la première racine, nous n'en avons trouvé trace.

Cette absence d'invasion secondaire peut s'expliquer par le fait que la première racine et la partie qui subsiste du protocorme possèdent de la chlorophylle, car, chez les Cattleyées, les Rhizoctones n'envahissent aucun organe possédant une quantité appréciable de chlorophylle (feuilles, rhizomes, racines aériennes ou superficielles). Il est également possible d'admettre qu'une sorte de vaccination anti-rhizoctonienne soit produite par la période de symbiose, et que les plantules soient immunisées, au moins un certain temps, contre une invasion secondaire du Rhizoctone.

En conclusion, il nous semble devoir résulter de ces observations que la symbiose de l'embryon, puis du protocorme, avec un Rhizoctone, symbiose qui provoque la germination, ne soit pas nécessaire à la croissance des feuilles et au développement des racines de la plantule quand cette dernière est devenue capable d'assimiler.

Il nous semble également légitime d'étendre cette conception, et d'en déduire que la symbiose n'est pas davantage indispensable pour que des Cattleyées adultes, possédant tous les organes végétatifs d'une plante normale, puissent accomplir leur cycle végétatif complet sans l'aide d'une symbiose fungique.

CHIMIE AGRICOLE. — *Les rapports pondéraux des corps réagissants dans les floculations colloïdales* Note de M. J. **Dumont**, présentée par M. G. André.

On admet généralement que la formation des *gels colloïdaux* nécessite une petite quantité d'ions floculants.

Or les *émulsoïdes* ou *suspensoïdes* naturels, qui sont des complexes hétérogènes, réagissent partiellement, au contact des floculants, et la loi de proportionnalité n'est pas alors évidente. Il peut arriver qu'une fraction seulement de leurs composants soit réellement coagulée par l'électrolyte; mais il suffit qu'un des principes constitutifs soit floculé pour qu'il entraîne *ipso facto* toutes les matières en suspension. En rapportant à l'ensemble du gel ou du coagulum la totalité des *ions* qui forment les *combinaisons d'absorption*, on s'expose donc à commettre de grossières erreurs dans l'interprétation générale des phénomènes de cette nature.

A titre d'exemple, considérons des suspensions d'*argile brute* extraite de différents sols par la méthode Schlœsing; elles représentent un mélange, en proportions parfois très variables, de *matières surlimoneuses* et *colloïdales* séparables par centrifugation rapide (1). Quelle quantité de floculant faudra-t-il employer pour coaguler un égal volume d'*argile brute* et d'*argile pure* ou colloïdale débarrassée du surlimon?

Les expériences qui vont être rapportées montrent qu'il n'y a pas une rigoureuse proportionnalité entre les masses réagissantes, puisque les écarts observés pour les doses limites nécessaires aux floculations dépassent rarement 15 à 25 pour 100, même lorsque la quantité de *surlimon* contenu dans l'argile brute est cinq fois plus forte que celle du colloïde argileux. Il suffit, pour s'en convaincre, de parcourir le Tableau suivant :

Matières argileuses (origine et constitution).	Réactifs employés (0,1 N).	Rapports pondéraux: $\frac{\text{floculant}}{\text{argile}}$.	$\frac{\text{floculant}}{\text{colloïde}}$.
a. Terre franche (Grignon):	AmCl	0,79	1,87
Surlimon 0,081	KCl	0,95	2,59
Colloïde 0,019	NaCl	1,20	3,12
Rapport 4,263	$CaCl^2$	0,16	0,36
	$MgCl^2$	0,17	0,41
b. Terre sablo-limoneuse :	AmCl	0,82	2,06
Surlimon 0,079	KCl	0,91	3,15
Colloïde 0,021	NaCl	1,14	3,50
Rapport 3,769	$CaCl^2$	0,17	0,41
	$MgCl^2$	0,19	0,43
c. Terre limono-argileuse :	AmCl	0,86	2,33
Surlimon 0,062	KCl	1,15	4,02
Colloïde 0,038	NaCl	1,69	4,56
Rapport 1,631	$CaCl^2$	0,24	0,51
	$MgCl^2$	0,25	0,55

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 131.

Il a été employé, pour chaque floculation, 50^{cm^3} d'une suspension contenant 2^g d'argile brute par litre et 50^{cm^3} de réactif décinormal, sauf pour les chlorures de magnésium et de calcium, dont le pouvoir floculant est plus élevé : ce qui a permis de ramener la concentration à 0,01 N.

Les mêmes essais furent répétés sur un égal volume de suspension argileuse débarrassée du surlimon par centrifugation rapide (6000 tours). On sépara les *gels* au centrifugeur, et l'on détermina leur poids respectif par lequel on divise la masse réellement active (¹) des floculants pour établir, avec toute l'exactitude désirable, les *rapports pondéraux*.

Il résulte visiblement de nos expériences :

1° Que les rapports pondéraux entre les corps réagissants varient spécifiquement et croissent avec la richesse colloïdale des argiles, mais sans relation absolue avec les rapports du surlimon au colloïde;

2° Que les doses limites de floculants ne sont pas étroitement subordonnées à la composition physique des matières argileuses, bien qu'elles dépendent de leur nature ou de leur origine;

3° Que les composants argileux des sols représentent soit un *mélange colloïdal*, formé de colloïdes électronégatifs avec tendance à la dispersion, soit un *complexe colloïdal*, résultant de la combinaison de colloïdes à charges électriques contraires, avec tendances amphotériques.

On s'expliquerait ainsi pourquoi la détermination des *pouvoirs floculants* par différents auteurs conduit à des rapports variant parfois de 1 à 30 pour les mêmes électrolytes.

PHYSIOLOGIE. — *La nutrition azotée des Mucorinées. Assimilation des sels ammoniacaux.* Note de M. **D. Bach**, présentée par M. Guignard.

Dans ses recherches classiques sur les Mucorinées de Norvège, Hagem (²) a établi que, sauf de rares exceptions, ces moisissures sont incapables d'assimiler les nitrates et que l'azote ammoniacal constitue généralement une

(¹) On a déterminé la masse active par différence entre la concentration initiale du réactif floculant et celle du liquide obtenu après floculation; celle-ci exige généralement un excès de floculant, ce qui rend difficile la détermination des *doses limites* au-dessous desquelles la réaction n'a pas lieu.

(²) O. Hagem, *Skrift. utg. af Vidensk-Gelsk. i. Christiania* (*Math. Naturw.-Kl.*, 4, 1910, p. 26).

bonne source d'azote pour elles. Ritter [1] a montré sur quatre espèces : *Rhizopus nigricans, Mucor spinosus, Mucor racemosus, Thamnidium elegans*, que les sels ammoniacaux d'acides organiques étaient préférables aux sels d'acides forts, à cause de leur moindre dissociation. Mais ces recherches, effectuées avant que l'on ait l'habitude de mesurer la concentration ionique des milieux, ne sont pas toujours interprétées correctement. C'est ainsi que Ritter ayant observé la disparition des cellules géantes dans les cultures, où il remplaçait le sulfate d'ammoniaque par la peptone, attribue ce résultat à une sorte de propriété spécifique de l'azote organique, alors qu'il s'agit d'une moindre acidification du milieu.

J'ai repris l'étude de l'assimilation des sels ammoniacaux sur un grand nombre de Mucorinées : *Mucor Mucedo* Linné, *Mucor spinosus* Van Tieg., *Mucor racemosus* Fres., *Mucor Christianensis* Hagem, *Mucor circinelloides* Van Tieg., *Mucor fuscus* Bainier, *Rhizopus nigricans* Ehrenberg, *Rh. tritici* Saito, *Rh. minutus* Bainier, *Rhizopus sp., Absidia cærulea* Bainier, *Absidia dubia* (Bainier) Lendner, *Absidia glauca* Hagem, *Lichteimia corymbifera* (Costantin et Lucet) Vuillemin, *Lichteimia sp., Phycomyces splendens* Fries, *Cunninghamella echinulata* Thaxter, *Thamnidium elegans* Link, *Chætostylum Fresenii* Van Tieg. et Le Monnier, *Helicostylum piriforme* Bainier, *Circinella spinosa* Van Tieg. et Le Monnier, *Circinella umbellata* Van Tieg. et Le Monnier, *Glomerula repens* Bainier, *Syncephalastrum cinereum* Bainier.

Ces espèces ont été cultivées sur le milieu suivant :

Phosphate monopotassique	1^{g},36
Chlorure de potassium	0,745
Sulfate de magnésie	0,492
Sulfate de zinc	0,01
Sulfate de fer	0,01
Sulfate d'ammoniaque	6,70
Glucose	40
Eau redistillée	1000

Le milieu est réparti, à la dose de 25$^{cm^3}$, dans des fioles coniques de 250$^{cm^3}$, en verre France, ajusté à pH 6,4 par la soude N/5 et stérilisé à 110°, à l'autoclave, pendant 20 minutes. Pour chaque espèce, on ensemence 8 fioles que l'on retire de l'étuve (étuve à 24°) deux par deux, les 3e, 6e, 9e et 15e jours. Dans une autre série d'expériences, ce milieu a été additionné de 1 pour 100

(1) G. Ritter, *Ammoniak und Nitrat als Stickstoffquelle für Schimmelpilze* (*Ber. d. deut. bot. Gesell.*, 49, 1911, p. 570).

de citrate de soude, comme tampon. Ce dernier milieu possède, sans ajustage, un pH voisin de 6,4.

D'une façon générale, j'ai obtenu un développement médiocre avec toutes les espèces (pratiquement nul avec *Chætostylum Fresenii*, *Phycomyces splendens*, *Lichteimia corymbifera*, *Lich. sp.*). Les récoltes, au quinzième jour, oscillaient autour de 4 à 5^{cg}, avec un pH voisin de 3 à 2,4. Quelques espèces seulement : *Rhizopus nigricans*, *R. tritici*, *R. minutus*, *R. species*, *Absidia cærulea*, *A. dubia* fournissent des récoltes de l'ordre de 8 à 10^{cg}, pendant que le pH s'abaisse à 2 environ. L'aspect des cultures rappelle celui que j'ai décrit (¹) chez l'*Aspergillus repens* cultivé dans les mêmes conditions : mycélium immergé, formé de flocons ou d'amas glaireux, sans appareils reproducteurs et constitué presque uniquement par des cellules géantes. Ces résultats, somme toute défavorables, sont essentiellement dus à l'acidification intense qui résulte de l'accumulation de l'acide sulfurique dans le milieu, c'est-à-dire au pH atteint par les cultures. On remarquera que les chiffres obtenus sont sensiblement inférieurs à ceux qui ont été donnés pour la plupart des moisissures étudiées dans les mêmes conditions. Les Mucorinées, le fait est bien connu, sont relativement sensibles à l'acidité des milieux.

Dans la série de milieux additionnés de citrate de soude, les résultats sont tout différents. La culture présente ici, sauf de rares exceptions, l'allure que j'ai déja décrite chez l'*Aspergillus repens* : développement rapide d'un voile épais, solide, se couvrant d'un gazon sporangifère plus ou moins élevé. Le milieu s'acidifie régulièrement jusqu'à pH4, pH3, puis, quand tout le sucre est consommé, le champignon s'attaque à la molécule citrique, le milieu s'alcalinise brusquement jusque vers pH8 environ. Le mycélium subit alors une perte considérable de poids par autolyse. Dans les cas les plus favorables : tous les *Rhizopus*, les *Absidia, Cunninghamella echinulata*, *Helicostylum piriforme*, les récoltes atteignent 30, 35 et même 39^{cg}. Par contre, quelques espèces *Lichteimia corymbifera*, *Lich. species*, *Chætostylum Fresenii* ne donnent qu'un développement misérable, de l'ordre de quelques milligrammes.

En résumé, les sels ammoniacaux d'acides minéraux forts constituent une source d'azote médiocre pour les Mucorinées. Le fait est dû à l'acidification intense des milieux. L'addition d'un tampon, comme le citrate de soude, en s'opposant à cette acidification, permet généralement d'obtenir le développement régulier de ces espèces.

(¹) D. Bach, *Thèse de Sciences*, Paris, 1925.

PHYSIOLOGIE. — *De l'excitabilité des centres nerveux en fonction de leur charge en acide chlorhydrique.* Note (¹) de MM. **L. Ambard** et **F. Schmid**, présentée par M. Henneguy.

Dans le domaine de la physiologie générale et de la clinique, la charge des centres nerveux en acide chlorhydrique nous paraît présenter une importance hors pair pour l'excitabilité de ces centres.

Ses effets peuvent se résumer en cette double proposition que tout excès de la charge chlorée des centres au-dessus de la normale donne des phénomènes d'hyperexcitation : réactions vasomotrices produisant l'hyperpression sanguine, hyperventilation pulmonaire, hyperexcitation psychique, et hyperexcitations motrices pouvant aller jusqu'aux convulsions, etc., tandis que tout déficit de la charge chlorée des centres donne exactement l'inverse de tous les phénomènes précités.

Quelques-unes de nos Communications antérieures avaient été un acheminement vers cette idée; nous l'avons précisée à propos des faits d'hyperventilation pulmonaire dans une Communication récente (²); nous voudrions ici la présenter sous son aspect général.

Nous ne pouvons qu'indiquer dans la présente Note le mécanisme de la charge chlorée des centres. Il se ramène selon nous à un processus général depuis longtemps qualitativement reconnu en partie à propos de la genèse de la réserve alcaline et dont nous proposons l'équation générale quantitative suivante :

$$\text{Alb.HCl} \rightleftharpoons \frac{\text{NaCl} \times \text{CO}^3\text{H.H}}{\text{HCl} \times \text{CO}^3\text{H.Na}} = \text{K}.$$

Cette équation associe deux états d'équilibre couplés par HCl. Le premier état d'équilibre fait prévoir que, toutes choses étant égales du côté de NaCl, l'acide combiné aux albumines (car HCl libre est toujours très petit) croît en fonction de la racine carrée de CO^3HH (et de tout autre acide, à la condition qu'il soit moins fort que HCl) et que, inversement, toutes choses étant égales du côté de CO^3HH, l'acide combiné aux albumines croît en fonction de la racine carrée de NaCl. Le second état d'équilibre (entre albumine + HCl et HCl libre) fait prévoir que le rapport précédent sera

(¹) Séance du 28 février 1927.

(²) *Société médicale des Hôpitaux de Paris* (séance du 28 janvier 1927), 43, 3 février 1927, III, p. 75, 82.

affecté d'un léger décrément, lorsque la charge acide des albumines augmente. L'expérimentation *in vitro* confirme rigoureusement l'exactitude de cette formule.

Nous allons en montrer l'application aux phénomènes biologiques.

1° *Cas d'un organisme chez lequel la concentration de* NaCl *des humeurs étant initialement normale, le taux des acides sanguins augmente.* — Ce sera le cas par exemple d'un azotémique. On admet que chez un tel sujet le taux des acides sanguins autres que l'acide carbonique croît avec le taux de l'urée sanguine. De ce fait il y a donc majoration d'un des facteurs de la charge des albumines en HCl, d'où hyperexcitation nerveuse et notamment des centres respiratoires, hyperventilation pulmonaire, chute de CO^2 sanguin et par suite de la réserve alcaline, mais aussi hyperexcitation des centres vasomoteurs causant de l'hyperpression sanguine et excitation cérébrales pouvant aller jusqu'aux convulsions (urémie éclamptique).

2° *Cas où,* NaCl *des humeurs étant initialement normal, le taux des acides sanguins autres que* $CO^3H.H$ *est normal, mais où l'on abaisse le taux de* $CO^3H.H$. — C'est l'expérimentation qui réalisera au mieux cette éventualité. A cette fin il suffira de pratiquer une hyperventilation alvéolaire artificielle. L'expérience a été faite depuis longtemps par Schiff et Mosso, plus récemment par Yandell Henderson, à toute autre fin d'ailleurs que celle envisagée ici par nous. Les auteurs ont observé l'inexcitabilité corticale, une diminution de la force des réflexes, une chute considérable de la pression sanguine et, si l'expérience est prolongée, la mort. Rien de pareil ne se passe si l'air inhalé pendant l'hyperventilation est riche en CO^2 (Yandell Henderson). Ces phénomènes étaient restés jusqu'alors énigmatiques. Notre conception en donne l'explication d'une manière en quelque sorte automatique.

L'hyperventilation chasse CO^2 du poumon, appauvrit par suite le sang en $CO^3H.H$, par suite décharge les tissus en HCl, d'où inexcitabilité des centres nerveux.

3° *Problème de l'excitant normal des centres respiratoires.* — Nous pensons qu'une expérience très simple peut montrer que la théorie classique du pH^+ est erronée et que l'excitant normal des centres respiratoires est leur charge en HCl. Si l'on fait passer un individu quelconque d'un régime déchloruré à un régime salé, la ventilation alvéolaire augmente (chute de la réserve alcaline). Or il est clair, comme le montre l'inspection de notre formule, que le pH du liquide humoral ne devient pas plus acide, mais que par contre la charge des tissus en HCl augmente.

Corollaire de l'activité des centres respiratoires sur les rapports quantitatifs du chlore et du sodium dans l'organisme. — Un sujet ingère du chlorure de sodium. Notre formule générale montre que ses tissus vont se charger en HCl en même temps qu'il se forme une quantité équivalente de CO^3H Na aux dépens du Na du Na Cl. Mais la surcharge des centres nerveux en HCl provoque une surexcitation des centres respiratoires, d'où hyperventilation pulmonaire, chute du CO^2 sanguin et, comme le rein ajuste toujours le CO^3H Na sanguin au CO^2 du sang, il y aura, comme on l'a déjà vu mais sans l'expliquer, surélimination rénale de bicarbonate. D'où un enrichissement de l'organisme plus grand en Cl qu'en Na. Notre formule montre encore que le même résultat sera obtenu, si la cause de la surcharge des tissus en HCl est l'augmentation d'un acide quelconque dans l'organisme au lieu d'une augmentation de Na Cl.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la mort en atmosphère suroxygénée.* Note de MM. **Ch. Achard**, **Léon Binet** et **A. Leblanc**, présentée par M. Ch. Richet.

Les expériences de Paul Bert ont montré que l'excès d'oxygène peut être nuisible à l'animal et que, lorsque la pression atteint 5^{atm}, c'est-à-dire que la tension de l'oxygène est 20 fois plus forte qu'à l'état normal, l'animal meurt. De plus les expériences de Lorrain Smith, confirmées par celles d'Adams et de Karsner ([1]), ont fait voir que l'animal vivant plusieurs jours dans de l'oxygène pur succombe avec des lésions de pneumonie.

Nous avons pu observer des faits analogues.

Des cobayes et des lapins étaient maintenus dans une chambre respiratoire d'une centaine de litres, où circulait d'une façon continue de l'oxygène pur sous la pression atmosphérique. Nous avons constaté que la proportion d'oxygène y atteignait 80 pour 100, l'acide carbonique ne s'y trouvant que de 0 à 1 pour 100. La mort survenait en 3 à 5 jours pour le cobaye, en 5 ou 6 jours pour le lapin. Dès le second jour, la respiration se ralentissait de 70 ou 60 à 40; elle devenait plus ample, puis saccadée, et une asphyxie progressive aboutissait à la mort. La mort ne résultait pas d'impuretés de l'oxygène, ni de gaz produits par les excrétions de l'animal. Des expériences

([1]) J. Lorrain Smith. *The pathological effects due to increase of oxygen tension in the air breathed* (*Journ. of Physiol.*, **24**, 1899, p. 19). — A. Adams, *The effects of atmospheres enriched with oxygen repon living organisms* (*Biochem. Journ.*, **6**, juillet 1912, p. 227). — H.-T. Karsner, *The pathological effects of atmospheres rich in oxygen* (*Journ. of experim. Med.*, **23**, 1916, p. 149).

témoins avec un courant d'air au lieu d'oxygène n'ont causé aucun trouble respiratoire ni aucune lésion pulmonaire. D'autre part, si le taux de 80 pour 100 d'oxygène entraînait la mort, un taux de 50 pour 100 permettait la vie.

Chez quelques animaux, nous avons observé une baisse progressive de l'acide carbonique exhalé par kilogramme et par heure. Chez un lapin, cet acide carbonique est tombé de $1^{g},73$ à $1^{g},05$ à la 144e heure, la mort survenant à la 150e heure. Chez un second, il est tombé de $1^{g},06$ à $0^{g},50$ à la 120e heure, la mort survenant à la 140e heure.

Dans le sang, nous avons noté une polyglobulie avec leucocytose, aussi bien dans le sang périphérique de l'oreille que dans celui du cœur. Chez le second lapin, les globules rouges ont monté de 6850000 à 8360000 par millimètre cube en 48 heures et les globules blancs de 6600 à 11200, pour décroître ensuite un peu, les premiers à 7900000 et les seconds à 7700 à la 120e heure.

Enfin les lésions des poumons s'observaient déjà chez les animaux sacrifiés au bout de 48 heures. Tous les viscères étaient congestionnés, notamment le foie et les reins, et la précocité de cette congestion ne permet pas de l'attribuer à une stase agonique. Les poumons étaient turgescents; on y trouvait de nombreux foyers à contours polycycliques, à disposition lobulaire, au milieu de zones d'aspect sain. Dans ces foyers on ne décelait de microbes ni par frottis ni par culture. L'examen histologique montrait des capillaires interalvéolaires gorgés de sang, quelquefois rompus, de l'œdème alvéolaire et de l'infiltration leucocytaire dans les parois des alvéoles, avec des éosinophiles. L'abondance de l'œdème paraissait en relation inverse avec l'intensité de la congestion. Cet œdème pouvait envahir les bronchioles. Celles-ci, en général, conservaient leur épithélium intact.

On peut se demander si la polyglobulie est due à une concentration du sang ou à une mobilisation globulaire, comme celle que l'un de nous a étudiée avec Cardot et Williamson.

Quant à la lésion pulmonaire, on peut se demander si elle résulte d'un ralentissement circulatoire avec bradycardie, observé sous l'influence des inhalations d'oxygène par Parkinson et par Lucien Dautrebande et J.-S. Haldane [1], ou bien si l'oxygène pur est nuisible à l'alvéole pulmonaire à la façon d'un gaz irritant.

Quelle que soit l'interprétation, il résulte de ces faits que les inhalations

---

[1] L. Dautrebande et J.-S. Haldane, *The effects of respiration of oxygen on breataing and circulation* (*Journ. of Physiol.*, 55, 1921, p. 296).

d'oxygène pur employées en thérapeutique ne doivent pas être très prolongées, mais plutôt intermittentes, et qu'il est justifié de leur préférer souvent celles de mélanges d'oxygène avec une petite proportion d'acide carbonique, qui, d'ailleurs, y ajoute l'avantage d'un effet excito-respiratoire.

Observations de M. CHARLES RICHET sur la Note précédente.

Vers 1904 j'ai fait, sans les publier d'ailleurs, d'assez nombreuses expériences sur la vie des animaux (cobayes) dans des milieux suroxygénés. Alors j'ai constaté que, même avec une proportion d'oxygène ne dépassant pas 35 pour 100, la vie des cobayes ne pouvait se prolonger au delà du cinquième jour. Ils vivent parfaitement pendant 2 ou même 3 jours; mais, après ce temps, ils meurent, avec une congestion pulmonaire intense que révèle l'autopsie.

Je les avais mis en vase clos, dans un très vaste caisson d'environ 1800[l]. Alors j'ai d'abord supposé qu'ils étaient intoxiqués par leurs déjections devenant ammoniacales, ou par des changements dans l'état hygrométrique de l'air qu'ils respirent. Mais ils sont morts tout de même, et tout aussi vite, quand on mettait dans le caisson des vases contenant soit de l'acide sulfurique (pour absorption de l'eau et de l'ammoniaque), soit de la potasse (pour absorption de CO^2). Au reste des cobayes placés dans le caisson, sans atmosphère suroxygénée, dans un air de composition normale, peuvent vivre longtemps sans aucun accident.

On ne peut donc incriminer comme cause de la mort que l'oxygène.

Ce qui est remarquable, c'est que même avec 15 pour 100 seulement d'oxygène en plus, la mort par congestion pulmonaire (au moins chez les cobayes) est fatale avant le cinquième jour.

Si j'avais tenté cette expérience, c'est que j'espérais pouvoir faire essayer sur des malades l'influence d'une atmosphère légèrement suroxygénée. Mais, l'expérience sur les cobayes m'ayant prouvé la nocivité de la suroxygénation, je n'ai pas poursuivi ces recherches.

Depuis lors, j'ai compris qu'il devait en être ainsi. Car presque certainement la composition de l'atmosphère doit être pour les êtres vivants *un optimum*. Par conséquent tout changement dans la constitution de l'atmosphère ne pourra, selon toute vraisemblance, être que désavantageuse.

Cette expérience me l'a nettement prouvé.

PHARMACODYNAMIE. — *Antagonisme de l'hydrastinine et de l'adrénaline.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Nos recherches sur les substances antagonistes de l'adrénaline nous ont conduit à étudier l'hydrastinine qui, si l'on en croit Lundberg (¹) contredit il est vrai sur ce point par Langecker (²), inverserait l'action de l'adrénaline sur l'utérus isolé de lapine.

Afin de déterminer l'action de l'hydrastinine sur le sympathique, nous avons recherché quels étaient, chez le chien hydrastinisé, les effets de l'adrénaline, tant sur la pression carotidienne et les vasomoteurs rénaux, que sur l'inotropie et la chronotropie cardiaques.

Nous avons ainsi constaté qu'à des doses fortes (32^{cg} par kilogramme) l'hydrastinine supprime totalement l'effet vasoconstricteur rénal d'une dose faible d'adrénaline ($\frac{1}{100}$ de milligramme). Nos travaux antérieurs ayant montré que les vasoconstricteurs rénaux — qui sont tout particulièrement sensibles tant à l'adrénaline (³) qu'à ses antagonistes — constituent un test très sensible du pouvoir sympathicolytique d'une substance, on doit admettre que les doses fortes d'hydrastinine paralysent les vasoconstricteurs sympathiques.

Cependant déjà à des doses faibles, doses qui diminuent à peine l'excitabilité des vasoconstricteurs rénaux, l'hydrastinine supprime presque totalement ou même inverse l'action hypertensive de l'adrénaline.

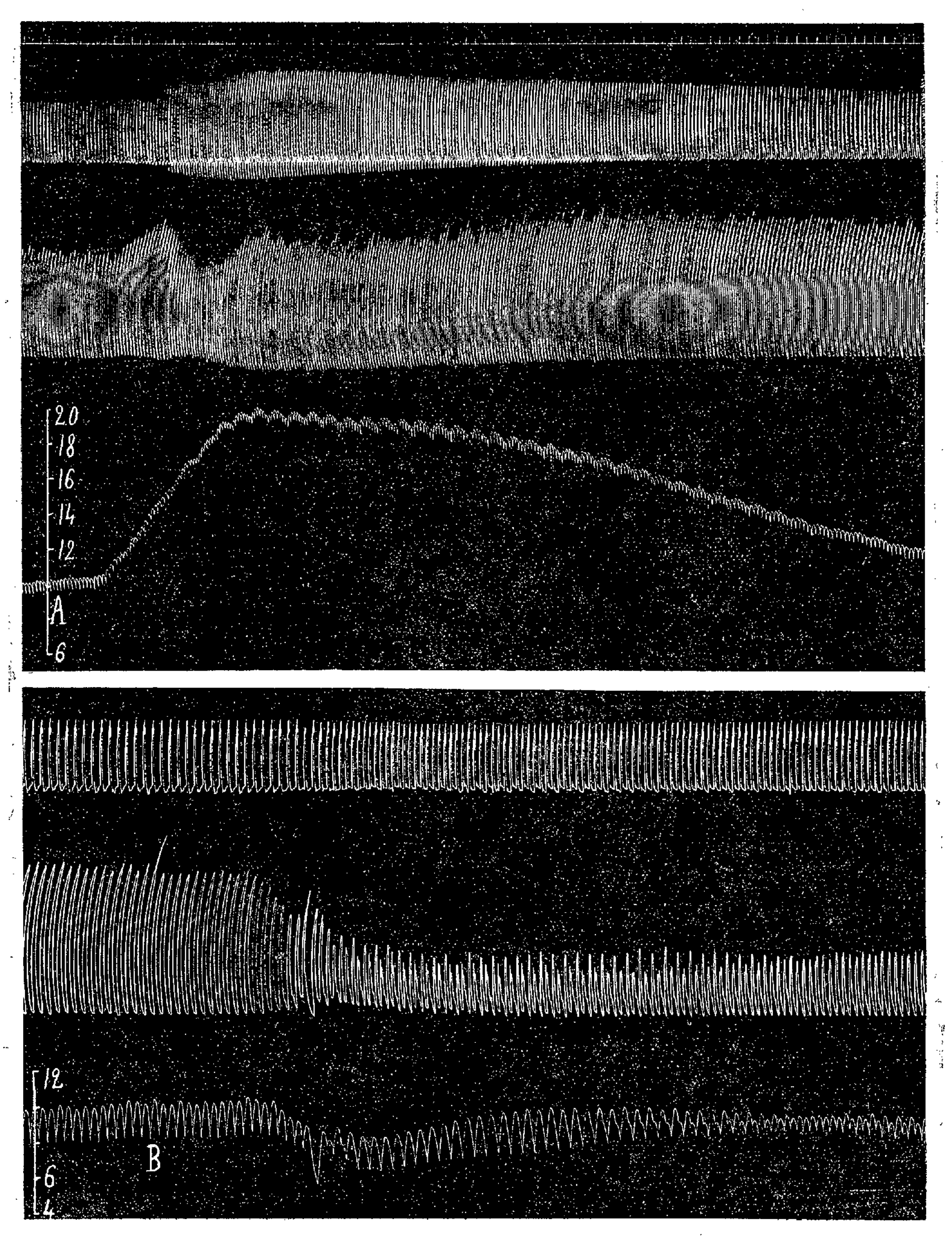
Afin de rechercher si cette modification de l'action circulatoire de l'adrénaline est d'origine cardiaque, nous avons enregistré les contractions du cœur *in situ* et constaté que chez le chien ayant reçu une dose suffisante d'hydrastinine ($11^{cg},33$ par kilogramme) l'adrénaline conserve son chronotropisme positif mais n'a plus d'inotropisme positif sur l'auricule et a même sur le ventricule un inotropisme négatif d'autant plus accentué que la dose d'adrénaline est plus forte (⁴).

(¹) H. Lundberg, *C. R. de la Soc. de Biologie*, **92**, 1925, p. 647-649.

(²) H. Langecker, *Arch. f. exp. Pathologie u. Pharmakologie*, **118**, 1926, p. 76.

(³) Jonescu, *Wien. klin. Wochenschrift*, **25**, 1908, p. 513. — S. Ogawa, *Arch. f. exp. Pathologie u. Pharmakologie*, **67**, 1912, p. 89 et suiv.

(⁴) Ces constatations sont en contradiction avec celles de Lundberg (*C. R. Soc. Biol.*, **92**, 1925, p. 650-653), pour qui l'hydrastinine n'aurait que très peu d'influence sur l'actioncardiaque de l'adrénaline.



Chien de $7^{kg},500$, anesthésié par le chloralosane (12^{cg} par kilogramme), ayant subi la thoracotomie, ayant ses vagues coupés et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e et 5e lignes : contractions de l'auricule enregistrées par la méthode du cœur *in situ*; 3e et 6e lignes : contractions du ventricule enregistrées par la méthode du cœur *in situ*; 5e et 7e lignes : modifications de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. En A : injection dans la saphène de $\frac{2}{100}$ de milligramme d'adrénaline en solution à $\frac{1}{100\,000}$ dans le sérum physiologique. En B : injection dans la saphène de la même dose d'adrénaline après administration par injections intraveineuses successives de $53^{mg},33$ par kilogramme de chlorhydrate d'hydrastinine en solution à 2 pour 100 dans le sérum physiologique. Tracés réduits de moitié.

On ne peut voir ici une action vagale de l'adrénaline analogue a celle qu'on observe après action d'un excitant parasympathique ([1]) ou après paralysie du sympathique par l'ergotamine ([2]) car, d'une part l'excitation du vague touche l'oreillette avant le ventricule ([3]), et d'autre part l'inotropisme négatif de l'adrénaline sur le ventricule du chien hydrastinisé n'est pas modifié par l'atropine.

L'inotropisme négatif de l'adrénaline sur le ventricule du chien hydrastinisé ne résulte pas davantage d'une paralysie du sympathique cardiaque puisque l'action chronotrope positive de l'adrénaline s'exerce encore normalement sur ce ventricule.

On doit donc voir là une manifestation de l'action musculaire de l'adrénaline ([4]).

PHARMACODYNAMIE. — *Action pharmacodynamique et titrage physiologique des préparations de fleurs de pyrèthre.* Note de MM. **J. Chevalier** et **Ripert**, présentée par M. J.-L. Breton.

Dans un précédent travail ([5]), l'un de nous a déjà étudié l'action pharmacodynamique des principes actifs des fleurs de pyrèthre. Il avait insisté sur les modifications que déterminent sur le système nerveux central et sur le muscle les extraits de fleurs; les travaux de Staundiger et de Ruzicka, qui ont réalisé l'isolement des pyréthrines I et II, ont permis de constater que c'est bien à ces corps que l'on doit attribuer l'action insecticide et toxique de cette plante.

D'autre part, leurs études ont permis d'améliorer l'extraction industrielle de ces principes actifs et actuellement, on peut utiliser non seulement les fleurs, mais la plante entière, pour la préparation de produits insecticides actifs.

En raison de son inocuité pour l'homme et les animaux, le pyrèthre prend une place de plus en plus importante parmi les insecticides utilisés, non seulement contre les parasites des végétaux, mais aussi contre ceux des

---

([1]) Pick, *München. mediz. Wochenschrift*, 33, 1920, p. 1081 et suiv.

([2]) C. Amsler, *Pflüger's Archiv*, 185, 1920, p. 86 et suiv.

([3]) E. Wertheimer et P. Combemale, *Arch. int. de Physiologie*, 22, 1923, p. 320.

([4]) E. Claes, *Arch. internat. de Physiologie*, 22, 1923, p. 329-344. — T. Sollmann et O. W. Barlow, *The Journal of Pharmacology*, 29, 1926, p. 233-255.

([5]) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1847.

animaux et même de l'homme (poux, gale) et pour la destruction des insectes, agents de propagation de diverses maladies (puces, punaises) et en particulier des mouches (*Fly tox* des Américains).

Il importait donc de pouvoir évaluer et contrôler scientifiquement l'activité de ces préparations commerciales de pyrèthre, car si les travaux de Staundiger et Ruzicka nous ont permis d'extraire les pyréthrines et d'en étudier l'action, ils nous ont également montré que leur dosage chimique était pratiquement impossible à réaliser. Par contre, nous avons fait depuis de longs mois des essais sur des poudres diverses et sur de nombreuses préparations, qui nous permettent d'affirmer qu'en employant avec la grenouille une méthode analogue à celle utilisée pour le titrage des préparations digitaliques, on peut facilement se rendre compte de l'activité de ces produits.

La quantité de pyréthrines contenue dans 10^{cg} d'une bonne poudre de pyrèthre, extraite et reprise en émulsion gommeuse et injectée dans les sacs lymphatiques dorsaux d'une grenouille de 30^{g}, doit déterminer la mort de l'animal et l'arrêt du cœur en moins de 3 heures. Cette même émulsion dans 80^{g} d'eau mise en contact avec des Cochylis, les tue en quelques minutes (expériences faites avec Danthony).

La mort de la grenouille est précédée de phénomènes d'intoxication très caractéristiques, se traduisant par de l'hyperexcitabilité, avec mouvements incoordonnés, secousses fibrillaires des extrémités inférieures, secousses tétaniques avec rigidité non persistante, troubles respiratoires, puis paralysie progressive.

En même temps, à la période d'hyperexcitabilité, on observe, sur le cœur mis à nu, de la contracture systolique, avec intermittences et arrêts passagers; puis, en même temps que la paralysie s'établit, le cœur se régularise, se ralentit progressivement et finalement s'arrête en diastole.

Cette intoxication est tout à fait caractéristique; elle se rapproche de celle provoquée par la strychnine, mais il n'y a jamais de tétanos proprement dit avec rigidité persistante; elle se confond pour ainsi dire avec celle provoquée par la vératrine, mais avec cette différence que dans ce dernier cas il n'y a jamais de secousses fibrillaires à la période d'excitation et que le cœur se paralyse beaucoup plus rapidement que les muscles eux-mêmes. De plus, il est à remarquer que le pyrèthre n'est pour ainsi dire pas toxique pour les animaux à sang chaud, alors que la strychnine et la vératrine le sont à un degré élevé.

Nous avions insisté antérieurement sur l'action des pyréthrines sur les

muscles et montré que sous l'influence de ce poison, on obtenait chez la grenouille des modifications de la courbe de contraction musculaire analogues à celles que provoque la vératrine chez le même animal, c'est-à-dire une augmentation de la puissance de la contraction musculaire, puis, une décontraction lente avec relâchement incomplet, s'opérant en plusieurs temps, avec plateaux successifs. Lorsque l'intoxication s'est établie, on voit s'établir de la paralysie et alors seulement le tracé musculaire se rapproche de la normale.

Voulant nous rendre compte du mécanisme de ce phénomène, nous avons recherché les modifications de la chronaxie nerveuse et musculaire chez la grenouille pendant l'intoxication, et nous avons pu constater que la chronaxie nerveuse n'était pour ainsi dire pas modifiée, tandis que la chronaxie musculaire était progressivement augmentée de 1 à 3 et même parfois de 1 à 4, et cela, qu'on opère sur l'animal intact ou sur des muscles isolés et mis en contact avec une solution très diluée de pyréthrines. Il est remarquable de constater que dans ce cas la curarisation se produit par un mécanisme inverse de celui de la vératrine, alors que les modifications paraissent être les mêmes sur le sarcoplasme; on sait, en effet, que dans cette intoxication, la chronaxie du muscle ne varie pour ainsi dire pas, alors que celle du nerf augmente au contraire beaucoup.

Il faut également signaler que les modifications de la chronaxie musculaire se font sentir beaucoup plus et beaucoup plus rapidement sur les muscles à contraction lente, sur le muscle du pied de l'escargot par exemple.

Lorsque les muscles sont immergés pendant un certain temps dans une solution isotonique renfermant des pyréthrines, ils se gonflent, prennent un aspect particulier, nacré et deviennent inexcitables.

Les pyréthrines possèdent non seulement une action toxique sur les muscles, mais aussi sur les centres nerveux qui sont bientôt paralysés après une période d'hyperexcitabilité.

C'est ainsi qu'au début de l'intoxication, la moelle n'a pas besoin d'une sommation et répond à une excitation unique, alors que plus tardivement elle devient totalement inexcitable.

HISTIOGENÈSE. — *Sur la genèse de la trame fibroïde du tissu de cicatrice dans les suppurations expérimentales du conjonctif sous-cutané.* Note de MM. **E. Grynfeltt** et **H.-J. Guibert**, présentée par M. Henneguy.

Nous rapportons dans cette Note le résultat de nos observations sur la genèse de la trame fibroïde des cicatrices dans les suppurations du tissu conjonctif sous-cutané.

Nous avons réalisé des abcès en injectant chez des Cobayes, dans l'hypoderme de la face interne de la cuisse, un demi-centimètre cube d'une culture atténuée de staphylocoque doré. La lésion évolue en général assez rapidement. Le pus est collecté au bout de 2 à 3 jours. Il est rare que l'ouverture de la collection se fasse spontanément. En général, l'animal déchire sa poche en se grattant, du 3e au 9e jour. Il en résulte une ulcération arrondie qui peut atteindre 2^{cm} de diamètre. Ses bords décollés tendent à se rapprocher rapidement, tandis que le fond de la plaie est le siège d'un bourgeonnement intense. La cicatrisation s'achève du 8e au 15e jour.

Dès que l'abcès est collecté et que la masse purulente cesse de s'étendre, l'examen histologique de la lésion montre que les *histiocytes* se sont accumulés en grand nombre autour de la masse nécrotique centrale. Ils s'y présentent sous formes de *cellules lymphocytiformes* de Renaut et de Dubreuil ou *petites cellules migratrices amiboïdes* de Maximow. Tandis que certains s'enfoncent dans le détritus pyocytaire et y jouent le rôle très actif de pyomacrophages, nombre d'entre eux, à la périphérie du pus, restent dans ce que les auteurs appellent le tissu de granulation. Ils s'y ramifient et se transforment progressivement en éléments du type des *cellules migratrices au repos* de Maximow ou *cellulles clasmatocytiformes* de Renaut et Dubreuil. Celles-ci ne tardent pas à s'unir par leurs prolongements et à former un réseau qui représente l'élément caractéristique de la partie la plus interne de la paroi de l'abcès, c'est-à-dire de la « membrane pyogénique » des classiques. C'est ce réseau histiocytaire qui, par l'arrivée incessante de nouvelles recrues, gagne peu à peu la partie centrale de la cavité, pour la combler au fur et à mesure que le pus se résorbe ou qu'il est évacué. Comme c'est à ce niveau que s'édifie en grande partie le dispositif fibrillaire du noyau cicatriciel, on peut donner le nom de *zone fibrogène* à cette partie profonde de la membrane pyogénique, par opposition à la *zone fibroïde* que forme la partie externe (improprement dénommée fibreuse) de cette dernière.

Dans la zone fibrogène, on peut distinguer deux couches :

1° La plus interne est caractérisée par la fusion des histiocytes clasmatocytiformes en un réseau protoplasmique continu : c'est la *couche symplastique*. A ce niveau, une fois les fusions cellulaires opérées, les prolongements dits « cinoplasmiques » (Renaut) s'aplatissent, deviennent de plus en plus hyalins et se différencient en exoplasmes, bien distincts des endoplasmes granuleux. En maints endroits ces exoplasmes, constituant un vrai « symplasme hyalin », acquièrent rapidement les propriétés cyto-chimiques du précollagène (colorations électives au picro-noir naphtol et à la picrofuchsine).

2° En dehors, le symplasme représente un stade plus évolué de la fibrinogenèse. On y distingue déjà, dans les travées du précollagène, quelques *fibrilles collagènes*, d'aspect *tramulaire*, au sens de Renaut. C'est ce que nous appelons la *couche tramulaire* de la zone fibrinogène. Le symplasme est ici plus serré. Mais au lieu de présenter un système feuilleté, à lamelles continues (comme dans le sous-cutané normal), il prend un aspect plutôt « aréolaire », car les travées aplaties de précollagène n'ont aucune tendance à s'étaler largement et à se fusionner en membranes continues, comme au cours de l'histogenèse embryonnaire normale du tissu lamineux, ainsi que l'a démontré Laguesse.

Avec les progrès du développement, la tramule collagène devient de plus en plus dense et la couche tramulaire revêt l'aspect caractéristique de la zone fibroïde qui s'accroît ainsi dans la profondeur à ses dépens. A ce niveau les fibrilles tramulaires foisonnent, dessinant des ondulations élégantes et serrées, mais sans former de vrais « faisceaux conjonctifs » bien individualisés, tels qu'on les voit dans le tissu fibreux (aponévroses, tendons).

En résumé, ce sont les histiocytes qui apparaissent comme les agents actifs de la formation du tissu de cicatrice. A ce point de vue particulier, nos observations confirment les données générales de nos devanciers, de Renaut et Dubreuil notamment. Nous les avons vu édifier un vrai *symplasme hyalin* (dans la couche dite tissu de granulation) au sein duquel apparaissent les éléments fibrillaires de la trame collagène, suivant un processus qui offre de grandes analogies avec celui que Laguesse a décrit au cours de l'histogenèse normale du tissu conjonctif sous-cutané.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du thorium X sur la laccase.* Note de M. **Alfred Maubert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons entrepris l'étude de l'action des substances radioactives sur l'activité des oxydases.

Dans la présente Note nous nous proposons de donner les résultats que nous avons obtenus en faisant agir le bromure de thorium X sur la laccase contenue dans des macérations glycérinées de champignons appartenant au genre *Russule*, cette laccase agissant elle-même sur une solution aqueuse de gaïacol.

Nous avons mis en évidence la présence d'une laccase active dans les macérations glycérinées dont nous disposions en employant la technique indiquée par Gabriel Bertrand pour la recherche exacte des oxydases [1].

Dans des expériences préliminaires nous avons d'abord déterminé les conditions les plus favorables de concentration en gaïacol et laccase pour obtenir une teinte en tétragaïacoquinone très nette au bout d'un temps relativement court, 30 minutes, à la température de 37°C. Voici les proportions des éléments que nous avons retenues pour nos expériences :

	cm³
Macération glycérinée (laccase)	0,5
Eau gaïacolée à 1 pour 100	20
Eau distillée, q. s. pour volume total de	50

Ce mélange placé dans des ballons ouverts au bain-marie à 37° pendant 30 minutes donne une teinte acajou de gaïacoquinone comparable au colorimètre à la teinte d'un même volume de solution N/200 d'iode. Nous avons établi cette comparaison afin d'avoir une teinte type à laquelle nous référer pour nos essais qualitatifs, et ensuite afin de pouvoir effectuer par la suite des dosages colorimétriques de gaïacoquinone suivant la méthode indiquée par P. Fleury [2].

Dans nos expériences nous avons fait agir le thorium X sur le mélange laccase et eau gaïacolée à des doses comprises entre $\frac{1}{10}$ de microgramme et 156 microgrammes pour un volume total de 50^{cm^3}.

Ces expériences étaient effectuées parallèlement à une série d'essais dans lesquels nous faisions agir, au lieu de thorium X, du bromure de baryum

(1) G. Bertrand, *Ann. Inst. Past.*, 26, 1912, p. 852; aussi G. Bertrand et Thomas, *Manipulations de Chimie biologique*, Paris, p. 344, § 443.

(2) P. Fleury, *Recherches sur la laccase* (*Bulletin de la Société de Chimie biologique*, 6, 1924, p. 436).

pur à doses égales à celles expérimentées de thorium X, afin d'éliminer l'action possible sur la laccase du bromure de baryum toujours présent dans nos préparations de thorium X à la dose de 1 microgramme de thorium X employé.

D'autre part nous avons également étudié l'action du thorium X sur l'eau gaïacolée à 1 pour 100 afin de nous rendre compte de son action oxydante possible sur le gaïacol aux doses comprises entre $\frac{1}{10}$ de microgramme et 400 microgrammes.

Les tableaux suivants résument nos expériences et présentent les résultats obtenus :

Expériences témoins.

	Nº 1.	Nº 2 (laccase bouillie).	Nº 3 (gaïacol seul).
Macération glycérinée (en cm^3)....	0,5	0,5	0
Eau gaïacolée à 1 pour 100 (en cm^3).	20	20	20
Eau distillée (q. s. pour un volume total de 50^{cm^3})................	50	50	50

Résultat. — Dans le ballon nº 1 en 30 minutes à 37° au bain-marie, on obtient une coloration acajou de gaïacoquinone comparable à celle d'un même volume de solution N/200 d'iode.

Dans les ballons nºs 2 et 3, le mélange reste *incolore*.

En faisant agir dans les mêmes conditions soit le bromure de thorium X seul, soit le bromure de baryum seul, aux doses comprises entre $\frac{1}{10}$ de microgramme et 400 microgrammes sur l'eau gaïacolée à 1 pour 100, les résultats obtenus ont tous été négatifs, montrant que ni le bromure de thorium X ni le bromure de baryum n'exercent d'action oxydante sur l'eau gaïacolée à 1 pour 100 dans les conditions de nos essais.

Voici maintenant les résultats obtenus en faisant agir le *thorium* sur le mélange (eau gaïacolée-laccase), en présence des témoins précédents. Nous désignerons la teinte normale par la notation N/200.

Expérience nº 1.

Macération globale en cm^3....	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Eau gaïacolée à 1 % en cm^3...	20	20	20	20	20
Thorium X en microgrammes..	0,1	1	10	20	156
Eau distillée : q. s. pour un volume total de...........	50	50	50	50	50
Résultats :					
Teinte obtenue en 30 minutes à 37° C.................	1N/200	1N/200	presque nulle, jaune très faible	nulle	nulle

Dans une autre série d'expériences, nous avons dosé colorimétriquement la gaïacoquinone formée. Voici les résultats moyens de quatre séries d'essais après 3 heures de séjour à 37° C. :

Expérience n° 2.

	Témoin.							
Thorium X en microgrammes...	0	1	2,5	5	10	20	50	111,5
Gaïacoquinone formée en milligrammes: cm³ °/₀ du mélange.	3,1	4,65	4,0	3,1	1,0	0	0	0

De plus, cette série d'expériences a été conservée à la température du laboratoire pendant 50 jours et aucune teinte ne s'est développée dans les ballons contenant plus de 10 microgrammes de thorium X.

Conclusions. — Dans les conditions expérimentales précédentes le thorium X, aux doses comprises entre 1 et 5 microgrammes, provoque une activation de la laccase. Aux doses supérieures à 10 microgrammes, on observe une inactivation totale du ferment.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action stérilisante du bismuth dans la syphilis.* Note [1] de M. **G. Levaditi**, présentée par M. Roux.

Le traitement bismuthique, appliqué à la syphilis expérimentale du lapin, détermine la disparition rapide des tréponèmes au niveau du syphilome et une prompte cicatrisation des lésions (Sazerac et Levaditi). S'agit-il d'une véritable stérilisation de l'infection syphilitique généralisée, ou bien le bismuth, malgré son action sur les spirochètes des manifestations spécifiques externes, laisse-t-il intact le virus logé dans certains organes, en particulier dans les ganglions lymphatiques? Afin de résoudre ce problème, nous avons éprouvé la virulence des ganglions poplités provenant d'animaux syphilisés, soumis à la bismuthothérapie (Bi seul, ou associé à As). On sait, en effet, que ces ganglions sont presque constamment virulents [2] chez les lapins inoculés avec le virus de Truffi (Ossola, Truffi, Brown et Pearce, Kolle, Uhlenhuth, etc.); continuent-ils à l'être après l'administration de doses suffisantes d'un médicament spécifique ?

---

(1) Séance du 14 mars 1927.

(2) D'après des recherches faites en collaboration avec Mlle Schoen, la virulence des ganglions contraste avec l'absence de spirochètes visibles à l'ultramicroscope ou sur coupes.

Nos expériences, faites en collaboration avec MM. Nicolau et Sanchis-Bayarri, sont au nombre de 9. Des lapins porteurs de gros chancres scrotaux (virus de Truffi) ont été traités soit avec le *trépol* (0g,1 par kilogramme; 5 expériences), soit avec le *stovarsolate de bismuth* (0g,2 par kilogramme et *per os*; 2 expériences), soit, à titre de contrôle, avec le *novarsénobenzol* (0g,05 par kilogramme intraveineux; 2 expériences). Les ganglions poplités ont été prélevés à des intervalles variables après l'administration de ces médicaments et greffés, par voie sous-crotale, à des lapins neufs. Dans quelques cas, nous avons étudié en même temps la virulence du chancre avant sa cicatrisation, en rapport avec l'état où se trouvaient les spirochètes qu'il contenait (imprégnation argentique).

1. *Bismuth.* — Les ganglions ont été prélevés (parfois, chez le même lapin, à deux reprises) 5, 18, 47, 57, 67 et 88 jours après l'injection bismuthique, soit pendant l'involution du chancre et longtemps après sa cicatrisation; les syphilomes ont été examinés 5 à 8 jours après l'injection médicamenteuse.

Résultats. — Sur 20 inocnlations de ganglions et plusieurs greffes de chancre, *deux* seulement ont été suivies de résultats positifs; il s'agit, en l'espèce d'un syphilome prélevé 5 jours après l'administration du Bi, et d'un ganglion examiné 18 jours après le début du traitement. *La stérilité des ganglions s'est donc manifestée dans* 95 *pour* 100 *des cas.*

2. *Stovarsolate de bismuth* per os. — Les ganglions et les syphilomes ont été excisés 5 et 8 jours après l'ingestion de ce dérivé; ils se sont montrés dépourvus de virulence.

3. *Novarsénobenzol.* — Examens pratiqués 5 et 8 jours après l'injection intraveineuse. Même résultat.

Ajoutons que le temps d'observation des animaux inoculés a été de 3 à 4 mois.

Conclusions. — 1° Dans la très grande majorité des cas, les ganglions poplités des animaux porteurs de chancres syphilitiques et soumis à un traitement bismuthique ou bismutho-arsenical suffisant, sont dépourvus de virulence, alors que les mêmes ganglions provenant de lapins infectés, mais non traités, sont, pour ainsi dire, constamment virulents. Il en résulte que le *bismuth seul, ou associé à l'arsenic, agit non seulement sur les tréponèmes des accidents spécifiques accessibles, mais encore sur le virus logé dans l'intimité des tissus, en particulier dans les ganglions lymphatiques. Son action curative est donc profonde, puisque, selon toute vraisemblance, elle entraîne chez le lapin une stérilisation totale de l'organisme.*

2° La disparition des spirochètes constatée à l'examen ultramicroscopique des syphilomes traités, ne traduit pas toujours une destruction totale des parasites décelables sur coupes imprégnées à l'argent (méthodes de

Levaditi et de Strempel-Armuzzi). Certains chancres peuvent, en effet, contenir un assez grand nombre de spirochètes argentophiles, d'aspect normal, ou en voie d'involution intracellulaire, alors que l'examen à l'ultramicroscope, pratiqué à plusieurs reprises, fournit des résultats négatifs (¹).

3° Malgré la présence de spirochètes visibles sur coupes, les syphilomes des animaux traités sont, en général, totalement dépourvus de virulence.

Nos résultats sont conformes à ceux rapportés récemment par Uhlenhuth et Grossmann (²) et viennent à l'encontre de l'affirmation de Kolle, d'après laquelle le bismuth ne détruirait pas le tréponème, mais empêcherait tout simplement sa multiplication.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur une méthode d'immunisation par résorption lente d'antigènes virulents.* Note (³) de M. **E. Ducloux** et de Mlle **G. Cordier**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous savons que l'immunité active est le résultat de l'introduction d'un produit, représentant, à des degrés divers, un stade d'atténuation d'un germe pathogène ou la pénétration d'une quantité microbienne virulente inférieure au minimum mortel. La vaccination, basée sur ce principe, trouve surtout son application dans la lutte contre les infections à marche rapide. Il était donc intéressant de rechercher, dans le cas de ces infections, la possibilité de constituer une sorte de réserve de virus actif, au sein même de l'individu réceptif, à condition que cette réserve lui fournît lentement des quantités de virus telles que leur somme, de pathogène qu'elle eût été à action globale, ne fût plus qu'un total d'actions vaccinantes, échelonnées sur un espace de temps plus ou moins long. De cette résorption devait découler l'état d'immunité, d'autant plus solide que la durée d'action du virus aurait été plus grande.

Vallée (⁴) avait déjà utilisé un excipient irrésorbable dans le cas d'un microbe à action non immédiate : le bacille tuberculeux. Nous attachant à l'étude de l'agent du choléra aviaire, de la bactéridie charbonneuse qui tuent en quelques heures les animaux d'expérience à doses infimes, nous

(¹) Cf. Levaditi et Twort, *C. R. Soc. Biol.*, 69, 1910, p. 633.

(²) Uhlenhuth et Grossmann, *Klin. Woch.*, 6, vii, 1927, p. 292.

(³) Séance du 14 mars 1927.

(⁴) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 152.

avons cherché l'effet de l'inoculation de chacun de ces virus incorporés dans différents milieux lentement résorbables.

Des recherches analogues ont été entreprises simultanément avec le virus claveleux. Des essais tentés avec l'huile d'olive, l'huile d'amandes douces, ont été inconstants, soit que la résorption trop rapide entraînât la mort, soit que la résorption lente eût pour résultat de modifier le caractère d'action de la culture, en l'atténuant par exemple au delà du degré vaccinal. Léon Binet et Paul Fleury [1] ont d'ailleurs montré que l'huile (olive, ricin, arachide), injectée dans le tissu sous-cutané, subissait des modifications chimiques, notamment une augmentation considérable de l'acidité. Il est donc loisible de supposer que ces changements influent sur les propriétés virulentes des cultures qu'enrobent ces milieux; d'où l'inconstance de leur effet.

L'huile de vaseline pure, à réaction neutre, s'est montrée par contre très régulière dans nos essais, ce qui nous a permis de réaliser un moyen de vaccination dans l'étude des trois germes précédemment cités. Après deux et même trois mois de préparation, les résultats ont été identiques à ceux enregistrés avec le mélange utilisé extemporanément. Voici un aperçu résumé de quelques-unes de nos expériences :

I. *Choléra aviaire.* — Nous avons utilisé une souche récoltée au cours d'une épizootie (hémoculture et culture de moelle osseuse) qui tue les animaux de laboratoire, à la dose de $\frac{1}{70000}$ de centimètre cube en moins de 24 heures pour les volailles et en 24 à 48 heures à la dose de $\frac{1}{1750}$ de centimètre cube pour les cobayes. Ces cultures sont toujours repiquées en bouillon ordinaire, et incorporées après 24-48 heures, à l'huile de vaseline, dans des proportions qui varient depuis $\frac{1}{175}$ de centimètre cube pour $\frac{1}{4}$ de centimètre cube d'excipient à $\frac{1}{350}$, $\frac{1}{700}$, $\frac{1}{1750}$ et $\frac{1}{3500}$ de centimètre cube pour la même quantité : $\frac{1}{4}$ de centimètre cube d'huile de vaseline. Aux doses de $\frac{1}{175}$, $\frac{1}{350}$ de centimètre cube, les cobayes meurent presque tous, rarement après 48 heures, plus généralement après 4, 5 et même 7 jours. A la dose de $\frac{1}{700}$ de centimètre cube, plus de la moitié des lots résiste avec indurations assez marquées et persistant de 3 à 4 semaines, avec régression et formation, d'un petit abcès quelquefois. (Le pus de cet abcès contient le germe du choléra.) A partir du $\frac{1}{1750}$ de centimètre cube, la résistance est totale. Ces animaux éprouvés quatre semaines après supportent, sans autre réaction qu'une petite induration locale, l'inoculation de $\frac{1}{175}$ de centimètre cube de

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1076.

culture virulente, qui tue régulièrement le témoin en 20-24 heures. Lors d'une contre-épreuve réalisée en période forte de réaction vaccinale, deux animaux sur six sont morts, avec néanmoins 10 jours de retard sur les témoins. Les mêmes expériences répétées sur les volailles, exigent, étant donnée leur extrême sensibilité, des doses beaucoup plus faibles. Sur des animaux indigènes de 3 à 4 mois, la dose inoculée ne peut excéder $\frac{1}{21000}$ de centimètre cube dans $\frac{1}{4}$ de centimètre cube d'huile de vaseline. A ce taux, il est possible d'immuniser ces animaux contre 25 doses mortelles de virus.

II. *Bactéridie charbonneuse.* — La majeure partie de nos expériences porte sur l'emploi de notre deuxième vaccin qui, employé d'emblée, tue le cobaye en 3-4 jours, dans la proportion de 4 sur 5 à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube par voie sous-cutanée. Ce même vaccin incorporé au $\frac{1}{3}$ à l'huile de vaseline peut être inoculé à raison de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube sans autre préjudice qu'une induration locale. Éprouvés 15 jours après au $\frac{1}{17500}$ de centimètre cube de culture virulente en bouillon de 24 heures, qui tue le témoin régulièrement en 28-48 heures, ces cobayes résistent tous.

III. *Virus claveleux.* — Ce virus, inoculé à raison de $\frac{1}{35}$ de centimètre cube sous la peau du mouton, provoque une pustule claveleuse.

La même dose incorporée à $\frac{1}{4}$ de centimètre cube d'huile de vaseline et inoculée aux ovins (indigène, croisé-mérinos, sarde) détermine une simple induration sous-dermique, variant du volume d'une lentille à celui d'une noisette, sans rougeur. A dose double, la réaction est parfois forte et peut se rapprocher de la pustule expérimentale. Plus de cinquante animaux ont été immunisés par le procédé au $\frac{1}{35}$ de centimètre cube en milieu huile-vaseline, comme nous avons pu le constater 10 à 12 jours après, par piqûres multiples. Tandis que nous suivions l'évolution de la pustule classique sur les témoins, nous n'enregistrions aucune réaction ou seulement un épaississement très léger de la peau sur les vaccinés.

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 10 janvier 1927.)

Note de M. *R. Mazet*, Sur l'écoulement à travers un orifice circulaire :

Page 74, ligne 8 en remontant, *au lieu de* $y\tau^2$, *lire* $g\tau^2$.

(Séance du 14 mars 1927.)

Note de M. *V. Nechvile*, Sur les courants d'étoiles et sur l'apex solaire :

Page 672, note (1), *au lieu de* 4 janvier, *lire* 7 mars.
Page 673, Tableau, Région n° 19, 3e colonne, *au lieu de* $-1,88$, *lire* $+1,88$.

Note de M. *N. Maxim*, Action des dérivés organomagnésiens sur les N-tétréthylphtalamides :

Page 690, ligne 3, *au lieu de* 226°, *lire* 260°; ligne 4, *au lieu de* le cas des, *lire* le cas de la ; ligne 6, *au lieu de*

$$C^2H^5-CO-C^6H^4-CO-K(C^2H^5)^2,$$

lire

$$C^2H^5-CO-C^6H^4-CO-N(C^2H^5)^2.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 MARS 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la controverse récente entre MM. Hettich et Valeton. Les formes hémièdres holoaxes n'impliquent pas nécessairement l'hémiédrie du cristal.* Note de M. **G. Friedel**.

Les récentes expériences de Hettich [1] sur KCl et les objections de Valeton [2] ont posé la question suivante : un liquide isotrope actif (pas de plans de symétrie, possibilité du pouvoir rotatoire), agissant sur un cristal cubique *holoèdre*, peut-il y faire apparaître, par croissance ou corrosion, des formes hémièdres holoaxes ?

D'après les expériences de Hettich, rien n'obligerait à admettre pour KCl (et sels voisins) autre chose que l'holoédrie; il pense avoir démontré que la dissymétrie des figures de corrosion obtenues par l'action lente de l'air humide serait due à une substance organique active apportée par les poussières de l'air et le contact des doigts, et probablement produite par la peau. Le même résultat serait obtenu dans l'attaque par une solution contenant certaines substances organiques actives, comme l'asparagine gauche en solution à moins de 0,1 pour 100. Avec des cristaux parfaitement propres et une solution exempte de toute substance active, on n'obtiendrait jamais que des figures symétriques.

S'il en était ainsi, l'hémiédrie holoaxe de KCl, généralement acceptée sur la foi des figures de corrosion, n'aurait plus aucune base. Rappelons d'ailleurs qu'elle est sinon contredite, au moins rendue suspecte par l'ab-

(1) *Zeitschr. f. Krist.*, 64, 1926, p. 265-295.
(2) *Zeitschr. f. Physik.*, 39, 1926, p. 69-74.

sence du pouvoir rotatoire; par l'holoédrie de la structure tirée de l'analyse radiologique, et aussi par le fait que les figures de corrosion obtenues à l'air humide ne révèlent jamais qu'une des deux formes du KCl supposé hémièdre, ce qui obligerait à conclure que tous les cristaux de KCl sont du même type, droit ou gauche. Bref, bien des difficultés disparaissent si l'on peut admettre le résultat de Hettich.

Je n'examine pas ici si les expériences sont irréprochables, mais seulement si, l'exactitude de ces expériences acceptée, il est possible d'admettre qu'un liquide actif produise, en agissant sur un cristal holoèdre, des formes de croissance ou de corrosion hémièdres holoaxes. Comme l'hémiédrie holoaxe, dans les formes, ne peut se manifester qu'en dédoublant les hexoctaèdres en deux hémi-hexoctaèdres complémentaires, la question revient à se demander si un liquide actif peut affecter d'une manière la moitié des faces d'un hexoctaèdre, et d'une manière différente l'autre moitié.

Je laisse de côté la controverse confuse qui s'est élevée entre MM. Hettich et Valeton, et n'en retiens que ce qui concerne la question ci-dessus posée, la seule qui me paraisse importer. A cette question, Valeton répond négativement. « C'est une évidence », dit-il, « qui physiquement va de soi, que toutes les faces d'une même forme cristalline sont affectées de la même manière par un corps étranger. Comme toutes les faces d'une même forme cristalline sont physiquement équivalentes à tous égards, on ne conçoit pas comment un corps étranger influencerait une moitié des faces et non l'autre moitié. »

Il ne me paraît pas douteux que cette affirmation soit inexacte. Des 48 faces d'un hexoctaèdre, 24, celles qui constituent l'un des deux hémi-hexoctaèdres holoaxes, sont superposables par rotation autour d'axes. Comme le liquide actif a, dans toutes les directions, des axes d'ordre quelconque, il a tous les axes du cristal, et par suite ces 24 faces sont identiques entre elles à l'égard du liquide. Par contre, les 24 autres constituant l'hémi-hexoctaèdre complémentaire ne sont superposables aux premières que par réflexion sur les plans de symétrie de l'holoédrie, c'est-à-dire par des opérations de symétrie qui n'appartiennent pas au liquide actif. Elles ne sont pas, à l'égard du liquide actif, identiques aux 24 premières.

Il semble que l'on n'ait pas suffisamment remarqué, jusqu'à présent, que ce qui intervient dans la détermination des formes cristallines (croissance ou corrosion), ce n'est pas la seule symétrie du cristal, mais bien la combinaison des deux symétries du cristal et de la solution. *Un cristal holoèdre, croissant ou décroissant dans un milieu actif, peut parfaitement prendre des*

formes hémièdres holoaxes. Bien entendu, rien n'oblige nécessairement cette dissymétrie à se manifester. En fait, dans les formes de croissance, elle se montrera rarement, parce que les hexoctaèdres (et, pour tous les systèmes, les formes du type le plus général) sont toujours rares dans les formes lentes de croissance (loi de Bravais). Elle s'observera plus fréquemment dans les figures de corrosion, où interviennent les formes à grandes vitesses.

Le nombre des symétries possibles pour le cristal est de 32. Pour le liquide amorphe, il est de 2 : 1° Symétrie sphérique complète (liquides inactifs), et 2° Symétrie sphérique holoaxe (liquides actifs). Dans le premier cas, le liquide a évidemment toujours tous les éléments de symétrie du cristal. C'est pourquoi, en présence d'un liquide inactif, la symétrie du cristal intervient seule dans les formes. Deux faces de la même forme simple du cristal, c'est-à-dire deux faces superposables par rotation autour d'un axe ou réflexion sur un plan, sont identiques à l'égard du liquide, qui possède toujours cet axe ou ce plan pour éléments de symétrie. C'est le cas ordinaire, auquel on est tellement habitué que l'on n'a pas, semble-t-il, remarqué la possibilité de l'autre, celui où le liquide est privé de tout plan de symétrie. En ce second cas, si le cristal est holoèdre, deux faces d'un même hexoctaèdre symétriques l'une de l'autre par rapport à un plan de symétrie ne sont pas, comme Valeton le dit à tort, équivalentes *à tous égards*. Elles ne sont pas équivalentes à l'égard de l'action d'un liquide actif qui, lui, n'a pas ce plan pour plan de symétrie.

On peut, en résumé, poser en règle générale pour tous les systèmes cristallins qu'en présence d'un liquide actif un cristal holoèdre peut prendre des formes hémièdres holoaxes, et un cristal antihémièdre ou parahémièdre prendre des formes tétartoèdres holoaxes. En sorte que, sur le vu des formes hémièdres ou tétartoèdres holoaxes d'un cristal, on ne peut, d'après ces formes seules, conclure à la mériédrie du cristal que si l'on s'est assuré que le milieu dans lequel s'est produite la cristallisation ou la corrosion était inactif. Il va de soi que, si le cristal a l'une des symétries holoèdre, antihémièdre ou parahémièdre, les formes holoaxes pouvant être produites en présence de deux liquides énantiomorphes, et dans les mêmes conditions, seront énantiomorphes. Il va de soi aussi que, si le cristal a lui-même une mériédrie holoaxe, en appelant D et G les deux cristaux énantiomorphes, *d* et *g* les deux liquides énantiomorphes, les formes mériédres que pourront donner les combinaisons D*d* et G*g* (ou de même D*g* et G*d*) seront énantiomorphes entre elles. Mais les combinaisons D*d* et G*d* (ou de même D*g* et G*g*) pourront donner des formes entièrement différentes.

NOMINATIONS.

M. G. Kœnigs est désigné pour représenter l'Académie au Congrès annuel de l'*Association Espagnole pour l'Avancement des Sciences* qui se tiendra à Cadix, du 1er au 8 mai 1927.

PLIS CACHETÉS.

M. **Jules Amar** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 5 février 1923 et inscrit sous le n° 9099.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Origine et évolution du cancer*.

(Renvoi à l'examen de M. d'Arsonval.)

CORRESPONDANCE.

M. **Armand de Gramont** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Division des Académiciens libres par le décès de M. *Haton de la Goupillière*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L.-A. Demelin. *De la contraction utérine et des dyscinésies corrélatives*. (Présenté par M. P. Bazy.)

2° *Les radiations lumineuses en physiologie et thérapeutique. De l'infrarouge à l'ultraviolet*, par A.-C. Guillaume. (Présenté par M. d'Arsonval.)

3° *Un biologiste canadien.* Michel Sarrazin (1659-1735). *Sa vie, ses travaux et son temps*, par Arthur Vallée.

4° E. Huguenard, A. Magnan, A. Planiol. *Nouvelles expériences sur les conditions mécaniques du vol des avions*. (Présenté par M. A. Rateau.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode nouvelle pour la démonstration de théorèmes de M. Tauber* Note (¹) de M. **Norbert Wiener**, présentée par M. Hadamard.

M. Tauber (²) a démontré que la formule

$$\lim_{x \to 1-0} \sum_{1}^{\infty} a_n X^n = A$$

exige la convergence de $\sum_{1}^{\infty} a_n$ vers A, sous l'hypothèse que

$$a_n = O\left(\frac{1}{n}\right).$$

MM. Hardy et Littlewood ont généralisé ce théorème dans plusieurs Notes (³). Ils appellent les lois qui résultent de cette généralisation *théorèmes de Tauber*. Leurs méthodes emploient l'intégration indéfiniment itérée et sont, en outre, très variées. M. Robert Schmidt (⁴) a appliqué la théorie des moments de Stieltjes à cette question, qu'il a systématisée.

J'emploie la théorie complexe analogue à la théorie des moments, c'est-à-dire la théorie de l'intégrale de Fourier, et je démontre le théorème suivant : *Soient* $M_1(x)$ *et* $M_2(x)$ *deux fonctions qui soient* $O\left[\frac{1}{x(\log x)^2}\right]$ *aussi bien à zéro qu'à l'infini et qui soient bornées sur chaque intervalle* $\left(\varepsilon, \frac{1}{\varepsilon}\right)$. *Supposons* $M_1(x)$ *partout positive ou nulle, mesurable, et telle que*

$$\int_0^{\infty} M_1(x)\, x^{iu}\, dx \neq 0$$

pour tout u réel. Supposons $M_2(x)$ *continue ou ayant des sauts finis en nombre fini. Soit* $\varphi(x)$ *une fonction mesurable et non négative telle que*

$$(a) \qquad \lim_{y \to 0} \int_0^{\infty} \varphi\left(\frac{x}{y}\right) M_1(x)\, dx = A \int_0^{\infty} M_1(x)\, dx$$

(¹) Séance du 21 mars 1927.

(²) *Monatsh. f. Math. u. Phys.*, 8, 1897, p. 273-277.

(³) Il convient aussi de mentionner à cet égard les résultats bien connus de M. Fatou. (Note de J. H.)

(⁴) *Math. Ztsch.*, 22, 1925, p. 89-152.

et

(b) $$\int_0^\infty \varphi\left(\frac{x}{y}\right) M_1(x)\,dx \text{ est bornée} \qquad (0 < y < \infty).$$

Alors on a

(c) $$\lim_{y \to 0} \int_0^\infty \varphi\left(\frac{x}{y}\right) M_2(x)\,dx = A \int_0^\infty M_2(x)\,dx.$$

La méthode générale que nous employons est l'introduction de variables nouvelles définies par les relations

$$x = e^\xi \quad \text{et} \quad y = e^\eta,$$

et l'analyse harmonique des fonctions

$$e^\xi M_1(e^\xi) \quad \text{et} \quad e^\xi M_2(e^\xi).$$

Nous déduisons de ce théorème le corollaire suivant : *Soit* $F(x)$ *une fonction dérivable qui admette la valeur* 1 *pour* $x = 0$ *et qui s'annule à l'infini. Supposons qu'il existe un nombre* λ *plus grand que* 1 *et un nombre* ϑ *entre* 0 *et* 1 *tels que pour toute valeur de* x *suffisamment grande*

$$F(\lambda x) < \vartheta F(x).$$

Supposons $F'(x)$ *bornée et partout négative ou nulle. Supposons*

$$G(z) = \int_0^\infty F(y)\, y^{z-1}\, dy$$

et son prolongement analytique analytiques dans le voisinage de $\mathcal{R}(z) = 0$, $z \neq 0$, *mais ayant un pôle d'ordre* 1 *pour* $z = 0$. *Supposons qu'il n'existe aucun zéro de* $G(z)$ *sur* $\mathcal{R}(z) = 0$. *Soit* $\psi(x)$ *une fonction mesurable satisfaisant à la relation*

$$\psi(x) > -K(x).$$

Alors la formule

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \int_0^\infty F(\varepsilon x)\, \psi(x)\, dx$$

exige que

$$\int_0^\infty \psi(x)\, dx = A.$$

Ce théorème nous amène très directement à la plupart des théorèmes de Tauber déjà connus. Par exemple, nous démontrons sans aucune difficulté que si

$$a_n > -\frac{K}{n}$$

et

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \sum_{1}^{\infty} a_n Q^{-\varepsilon n} = A,$$

il suit que

$$\sum_{1}^{\infty} a_n = A.$$

La seule difficulté est l'étude des propriétés de $G(z)$, qui est la fonction $\zeta(z+1)\Gamma(z+1)$. Nous employons le théorème que $\zeta(z)$ ne s'annule pas sur la droite $\mathcal{R}(z)=1$, et qu'elle est analytique sur cette droite sauf pour un pôle d'ordre 1 pour $z=1$.

MM. Hardy et Littlewood (¹) ont démontré que le théorème que nous venons de donner se réduit par des procédés élémentaires au théorème classique sur la répartition des nombres premiers, qui donne $\frac{n}{\log n}$ comme la représentation asymptotique du nombre de nombres premiers qui ne dépassent pas n. La seule démonstration du théorème de Tauber déjà donnée suppose cette représentation comme connue. Nous avons donc une démonstration toute nouvelle du théorème des nombres premiers, qui ne suppose rien sur la croissance de la fonction zêta sur la droite $\mathcal{R}(z)=1$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une généralisation d'un théorème de H. Jentzsch.* Note de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Nous démontrerons la proposition suivante :

Soit le rayon de convergence de la série $f(x)=\sum_{k=0}^{\infty} a_k x^k$ *égale à* un *et celui de la série* $\sum_{k=0}^{\infty} b_k x^k$ *au moins égal à* un. *Posons* $f_n(x)=\sum_{k=0}^{n} a_k x^k$.

Alors chaque cercle de centre $x=1$ *contient, pour une infinité de valeurs de* n, *une racine de l'équation* $f_n(x)=b_n$ *dans son intérieur.*

Premier cas : $b_n \to \infty$. — Si la proposition n'était pas juste, il existerait un cercle γ (nous nommerons r son rayon) et un entier k, tel que dans γ on aurait $f_n(x) \neq b_n$, pour $n > k$. Supposons dorénavant $n > k$.

(¹) *Proc. Lond. Math. Soc.*, 2e série, **19**, 1919, p. 21-29.

Pour chaque n fixons une fonction $\varphi_n(x) = \sqrt[n]{f_n(x) - b_n}$ holomorphe dans γ. La suite φ_n est uniformément bornée dans γ. En effet, les séries $\frac{1}{1-x}\sum_0^\infty |a_k| x^k$ et $\sum_0^\infty b_k x^k$ convergent pour $|x| < 1$, donc pour n assez grand on a

$$|a_0| + \ldots + |a_n| < (1+r)^n \quad \text{et} \quad |b_n| < (1+r)^n,$$

par suite dans γ,

$$|\varphi_n| < \left\{ (1+r)^{2n} + (1+r)^n \right\}^{\frac{1}{n}} < (1+r)^2 + 1 + r,$$

pour $n > \text{N}$, où N ne dépend pas de x.

Pour x dans la partie commune à γ et au cercle unité $f_n(x)$ tend pour $n \to \infty$ vers une valeur finie, b_n vers l'infini, donc à partir d'un certain n (dépendant de x) :

$$\sqrt[n]{\frac{1}{2}|b_n|} < |\varphi_n(x)| < \sqrt[n]{2|b_n|}.$$

Mais $\sqrt[n]{|b_n|} \to 1$, car dans le cas contraire, puisque $\overline{\lim}\sqrt[n]{|b_n|} \leqq 1$, il existerait une suite d'entiers ν, telle que $\sqrt[\nu]{|b_\nu|} \to \theta < 1$, donc $b_\nu \to 0$, contrairement à l'hypothèse $b_n \to \infty$. Nous trouvons donc $|\varphi_n(x)| \to 1$. Je dis que dans la partie de γ, où $|x| > 1$ on a aussi $|\varphi_n| \to 1$. Car dans le cas contraire il existerait une suite ν, telle que φ_ν converge vers une fonction φ holomorphe dans γ, $|\varphi| = 1$ dans la partie où $|x| < 1$ et $|\varphi| \neq 1$ dans un certain point de l'autre partie. Mais ceci est absurde, puisque $|\varphi| = 1$ dans la première partie entraîne $|\varphi| = 1$ partout dans γ.

Posons $\xi = 1 + \frac{r}{2}$. De $|\varphi_n(\xi)| \to 1$ il résulte que

$$|f_n(\xi) - b_n| < \left(1 + \frac{r}{4}\right)^n = \xi_1^n \qquad \text{(pour } n \text{ assez grand).}$$

Donc

$$|f_n(\xi)| < |b_n| + \xi_1^n < 2\xi_1^n \qquad \text{(pour } n \text{ assez grand),}$$

donc aussi

$$|a_n| = \left|\frac{f_n(\xi) - f_{n-1}(\xi)}{\xi^n}\right| < \frac{4\xi_1^n}{\xi^n},$$

donc

$$\overline{\lim}\sqrt[n]{|a_n|} \leqq \frac{\xi_1}{\xi} < 1,$$

en contradiction avec l'hypothèse que le rayon de convergence de $f(x)$ soit égal à *un*.

Deuxième cas : $b_n \to b \neq \infty$. — Même raisonnement que pour le premier

cas, jusqu'à la conclusion que la suite φ_n est uniformément bornée dans γ.

Pour $|x| < 1$ dans γ, $f_n(x) - b_n \to f(x) - b$. Je dis que $f(x) \neq b$. Car dans le cas contraire soit $f(x_0) = b$, $|x_0| < 1$, x_0 dans γ, et soit c une circonférence de centre x_0, située dans γ et dans le cercle unité, telle que $f(x) \neq b$ sur c. Alors

$$\int_c \frac{f'_n(t)\,dt}{f_n(t) - b_n} = 0 \quad \text{pour chaque } n.$$

Pour $n \to \infty$, l'intégrant tend uniformément vers $\dfrac{f'(t)}{f(t) - b}$; on aurait donc

$$\int_c \frac{f'(t)\,dt}{f(t) - b} = 0,$$

ce qui est impossible puisque $f(x_0) = b$.

Nous pouvons donc supposer les fonctions φ_n tellement fixées que, pour $|x| < 1$, x dans γ : $\varphi_n(x) \to 1$. Le reste du raisonnement est le même qu'au premier cas, à partir de la conclusion $|\varphi_n| \to 1$ pour $|x| < 1$, x dans γ.

Cas général. — Dans les deux cas particuliers traités, l'existence d'un cercle γ, où $f_n \neq b_n$ pour $n > k$, nous a conduit à la conclusion

$$\overline{\lim}\, |f_n(\xi)|^{\frac{1}{n}} \leqq \xi_1.$$

Il s'agit de montrer qu'elle vaut dans le cas général. Il suffit de montrer l'impossibilité d'une suite p pour laquelle la limite $\lim\limits_{p \to \infty} |f_p(\xi)|^{\frac{1}{p}}$ existe et surpasse ξ_1.

Une telle suite contiendrait une suite partielle q, telle que b_q tende vers une limite finie ou infinie. Mais dans les deux cas nous n'avons qu'à changer n en q dans les raisonnements des cas particuliers, pour aboutir à la conclusion

$$\overline{\lim}\, |f_q(\xi)|^{\frac{1}{q}} \leqq \xi_1,$$

en contradiction avec

$$\lim_{q \to \infty} |f_q(\xi)|^{\frac{1}{q}} > \xi_1.$$

La relation $\overline{\lim}\, |f_n(\xi)|^{\frac{1}{n}} \leqq \xi$ subsiste dans le cas général. On en conclut que pour n assez grand

$$|a_n| < \frac{4\xi_1^n}{\xi^n},$$

donc $\overline{\lim}\, \sqrt[n]{|a_n|} < 1$.

La proposition est entièrement démontrée.

Remarque. — Dans le cas que tous les b_n ont même valeur on retombe sur le théorème de M. Jentzsch.

MÉCANIQUE. — *Sur le mouvement gyroscopique du projectile au voisinage de la bouche.* Note (¹) de M. **Sugot**, transmise par M. Appell.

Le 17 janvier 1927, nous avons indiqué qu'on pouvait obtenir *simplement* la solution du problème concernant le mouvement du projectile *au voisinage de la bouche.*

Au sujet de cette Communication, M. de Sparre a fait connaître (²) que la condition de stabilité $\lambda = \frac{4BM}{A^2\omega^2} < 1$ avait été trouvée par lui dès 1903. Nous nous excusons d'avoir attribué à tort cette propriété à M. Esclangon.

M. de Sparre signale en outre qu'il a donné à différentes reprises les coordonnées de la courbe décrite par la trace de l'axe du projectile sur un plan perpendiculaire à la tangente à la trajectoire.

Le problème du mouvement du projectile autour de son centre de gravité a été effectivement traité par cet éminent professeur *dans toute sa généralité*, et les expressions auxquelles il aboutit tiennent compte à la fois de la variation de vitesse et de l'abaissement de la tangente, et même de certaines forces perpendiculaires au plan de résistance. Mais leur complexité est telle qu'il est difficile d'y dégager les influences principales et accessoires.

C'est ainsi qu'en en faisant l'application au voisinage de la bouche, dans le cas d'un départ parfait du projectile (pas de rotation parasite à la sortie du canon), il trouve comme valeur la plus favorable de λ le nombre $\frac{3}{4}$, résultat mathématiquement exact, mais qui appelle, au point de vue pratique, les plus expresses réserves, car il a traduit simplement la condition pour qu'une obliquité de quelques minutes soit minimum.

C'est dans un but de clarté, sans toutefois sacrifier à l'exactitude, que les théories actuelles envisagent l'étude du mouvement sous deux points de vue différents suivant la région intéressée de la trajectoire :

(¹) Séance du 14 mars 1927.

(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 355.

1° *Mouvement dit de précession* dont l'élément essentiel est la vitesse d'abaissement et la tangente et qui convient à partir du moment où la nutration initiale peut être considérée comme amortie (p' et q' négligeables).

2° *Mouvement au voisinage de la bouche* qui est, lui, sous la dépendance étroite de la nutation initiale et n'est pas sensiblement affecté par l'abaissement de la tangente.

L'intérêt de la modeste étude que nous avons entreprise de ce dernier mouvement réside essentiellement dans sa grande simplicité, et son exactitude pratique est justifiée par la comparaison des résultats de notre discussion avec les courbes récemment enregistrées en Angleterre dans les tirs aux écrans.

Les équations de ces courbes en coordonnées polaires sont

$$\delta^2 = \delta_0^2 \cos 2\alpha t + \frac{b}{K} \sin^2 \alpha t + \frac{p_0 \delta_0}{\alpha} \sin 2\alpha t,$$

$$\psi = \frac{A\omega}{2B} t - \text{arc tang}\left(\frac{\rho_0}{\alpha} \frac{\text{tang}\,\alpha t}{1 + \frac{p_0}{\alpha \delta_0} \text{tang}\,\alpha t}\right),$$

où

$$\alpha^2 = K, \qquad b = p_0^2 + \delta_0^2 (K + \rho_0^2);$$

δ est le rayon vecteur chiffrant l'obliquité et ψ est l'orientation du plan de résistance par rapport à sa position initiale.

Les équations ci-dessus pourraient évidemment s'obtenir comme cas particulier des équations de M. de Sparre, et encore comme cas particulier d'expressions approchées obtenues par M. Cranz dans son *Lehrbuch von Balistik*.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement d'un liquide à partir du repos dans un liquide de même densité en mouvement permanent.* Note [1] de M. **R. Mazet**, présentée par M. G. Kœnigs.

Le problème que nous avons considéré dans une précédente Note [2] peut être regardé comme un cas particulier d'un problème plus général. Désignons par a le rayon variable de l'orifice circulaire et supposons la loi d'ouverture donnée sous la forme

$$t = \int_0^a \omega(a')\,da' \qquad [\omega(a') \geqq 0].$$

---

(1) Séance du 31 janvier 1927.

(2) *Sur l'écoulement à travers un orifice circulaire* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 73).

Sans fixer, pour le moment, aucune condition aux limites sur la surface libre inférieure, nous admettrons toutefois que l'écoulement s'effectue, à chaque instant, par jet. Soit $\varphi(s, z \mid a)$ le potentiel des vitesses, sOz étant un demi-plan quelconque issu de l'axe vertical $z'Oz$; ce potentiel sera complètement déterminé si l'on se donne la fonction

$$\varphi'_t(s, 0 \mid a) = \psi(s \mid a) \quad \text{pour} \quad 0 \leq s \leq a.$$

Nous supposons $\omega(a)$, $\psi(s \mid a)$, $\psi'_s(s \mid a)$ définies pour toutes valeurs, *réelles et imaginaires*, de s et de a, continues, par rapport à ces variables, pour $0 \leq s \leq a < c$ $\left(\frac{c}{h}\right.$ étant négligeable devant l'unité$\left.\right)$ et, de plus,

$$\omega(0) = 0, \qquad \psi'_s(0 \mid a) \equiv 0.$$

En tenant compte de

$$(1) \qquad a\int_0^a \varphi'_s(s, 0 \mid a)\frac{ds}{\sqrt{a^2 - s^2}} + \varphi(0, 0 \mid a) + gh\int_0^a \omega(a')\,da' = 0,$$

on calcule aisément $\varphi'_t(s, 0 \mid a)$ pour $a \leq s$ et l'on a, par suite, pour $a \leq s$,

$$\varphi'_t(s, 0 \mid a) = \frac{2}{\pi}\int_0^a \frac{ds'}{\sqrt{s^2 - s'^2}}\frac{d}{ds'}\int_0^{s'} \psi(u \mid a)\frac{u\,du}{\sqrt{s'^2 - u^2}} - \frac{2}{\pi}gh \arccos\frac{a}{s};$$

pour $a \geq s$,

$$\varphi'_t(s, 0 \mid a) = \psi(s \mid a).$$

On en déduit

$$(2) \qquad \varphi(s, 0 \mid a) = \int_0^s f(s \mid a')\,\omega(a')\,da' + \int_0^a \psi(s \mid a')\,\omega(a')\,da',$$

en posant

$$f(s \mid a) = \frac{2}{\pi}\int_0^a \frac{ds'}{\sqrt{s^2 - s'^2}}\frac{d}{ds'}\int_0^{s'} [\psi(u \mid a) - \psi(s \mid a)]\frac{u\,du}{\sqrt{s'^2 - u^2}} - \frac{2}{\pi}[\psi(s \mid a) + gh]\arccos\frac{a}{s}.$$

On a alors, pour $z > 0$,

$$(3) \qquad \varphi(s, z \mid a) = \varphi_1(s, z \mid a) = \frac{1}{a}\int_0^a \left[\frac{\varphi(u, 0 \mid a)}{\sqrt{a^2 - u^2}} + \varphi'_z(u, 0 \mid a)\left(\frac{\pi}{2} - \frac{a}{\pi}\int_0^\pi \frac{d\Theta}{r}\right)\right] u\,du$$

$$(r = \sqrt{s^2 + z^2 + u^2 - 2us\cos\Theta}),$$

sachant que

$$\varphi'_z(s, 0 \mid a) = \frac{2}{\pi}\int_s^a \frac{ds'}{\sqrt{s'^2 - s^2}}\int_0^{s'} \frac{\partial}{\partial u} u\,\varphi'_u(u, 0 \mid a)]\frac{du}{\sqrt{s'^2 - u^2}}.$$

Nous pouvons prolonger $\varphi(s, z \mid a)$, pour $z < 0$, en nous servant d'une

formule de Poisson (¹) et tenant compte de la symétrie autour de $z'Oz$. Il vient (pour $z < 0$)

$$(4) \quad \varphi(s, z \mid a) = \varphi_2(s, z \mid a) = \frac{2}{\pi} \frac{\partial}{\partial z} \int_0^{\pi} d\Theta \int_0^{z} \varphi\left(\sqrt{s^2 - r^2 + 2 isr \cos\Theta}, 0 \mid a\right) \frac{r\,dr}{-\sqrt{z^2 - r^2}} - \varphi_1(s, z \mid a).$$

Cette formule définit le mouvement du liquide au delà de l'orifice. On peut imaginer que tout ou partie de l'espace inférieur contienne un liquide de même densité que le premier, qui participe à son mouvement de telle sorte que les deux mouvements se raccordent, à chaque instant, sans aucune discontinuité. La formule (4) est alors valable dans tout le liquide de l'espace $z < 0$ et fait notamment connaître *a posteriori*, en fonction de $\omega(a)$ et de $\psi(s \mid a)$, les conditions aux limites auxquelles doit satisfaire le liquide inférieur. Celui-ci est animé, avant l'ouverture de l'orifice, d'un mouvement permanent défini par

$$\varphi_2(s, z \mid 0) = \frac{2}{\pi} \frac{\partial}{\partial z} \int_0^{\pi} d\Theta \int_0^{z} \varphi\left(\sqrt{s^2 - r^2 + 2 isr \cos\Theta}, 0 \mid 0\right) \frac{r\,dr}{-\sqrt{z^2 - r^2}},$$

avec

$$\varphi(s, 0 \mid 0) = \int_0^{s} f(s \mid a')\, \omega(a')\, da'.$$

La pression, dans ce mouvement, est donnée par

$$\frac{p}{\rho} = -\frac{V^2}{2} - g(z + h) - 2\psi(0 \mid 0).$$

Si $\psi(0 \mid 0) < -\frac{gh}{2}$, cette pression sera positive dans une certaine région voisine de l'origine et, si $\psi(0 \mid 0) > -gh$, il y aura, à partir de l'instant zéro, écoulement du liquide supérieur dans le liquide inférieur.

Si, lorsque a tend vers c, t croît indéfiniment $[\lim_{a=c}(c - a)\,\omega(a) \neq 0]$, il peut exister un mouvement permanent asymptote. Pour l'obtenir, il suffira de faire $a = c$ dans les formules (3) et (4). Dans ce cas, l'expression de la vitesse suivant Os,

$$\varphi'_s(s, 0 \mid c) = \int_0^{s} f'_s(s \mid a')\, \omega(a')\, da' + \int_0^{c} \psi'_s(s \mid a')\, \omega(a')\, da'.$$

(¹) VITO VOLTERRA, *Esercizi di fisicci matematica* (*Rivista di Matematica*, 4, 1894, p. 8).

doit avoir un sens pour $o \leq s \leq c$, ce qui exige notamment que l'on ait

$$\psi(s \mid c) + gh \equiv 0, \quad \text{et, par suite,} \quad \psi'_s(s \mid c) \equiv 0.$$

Le cas le plus simple est celui où $\psi(s - a)$ ne dépend pas de s. On a alors

$$\varphi_2(s, z \mid a) = \varphi_2(s, z \mid 0) - 2\int_0^a \psi(a')\,\omega(a')\,da' - \varphi_1(s, z \mid a).$$

Ce mode d'écoulement altère d'autant moins les vitesses du liquide inférieur que l'on est plus loin de l'orifice. On peut résoudre, dans ce cas, le problème inverse : *Connaissant le mouvement permanent initial, calculer le produit* $[\psi(a) + gh]\,\omega(a)$. On est ramené à la résolution d'équations de Volterra de première espèce.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la détermination cinématographique des polaires en vol des oiseaux, des planeurs et des avions.* Note de MM. **Huguenard**, **Magnan** et **Sainte-Laguë**, présentée par M. A. Rateau.

Si les qualités aérodynamiques des oiseaux se déterminent mal en tunnel aérodynamique qu'il s'agisse d'animaux vivants ou naturalisés, par contre il est possible d'arriver à cette détermination par un procédé chronophotographique qui a l'avantage de donner les valeurs de la résistance et de la portance pendant le vol aussi bien pour un oiseau vivant que pour un avion à moteur.

Ce procédé consiste à suivre les évolutions dans un plan connu d'un oiseau ou d'un avion, en les visant au travers d'un cadre-repère, à mailles carrées, au moyen d'une cinémitrailleuse à double objectif du type de celle imaginée par Huguenard, Magnan et Planiol [1] et qui fournit simultanément sur le film une image nette du cadre-repère et du volateur. On obtient ainsi avec précision les trajectoires géographiques de ce dernier.

La connaissance de telles trajectoires permet, dans certains cas, de résoudre un problème analogue au problème de balistique inverse et d'en déduire les lois de la résistance de l'air sur le corps en mouvement et par conséquent les polaires d'un oiseau en vol plané, d'un planeur ou d'un avion soustrait à l'action de son hélice.

Soient X et Z les coordonnées du planeur rapportées à deux axes, l'un horizontal OX, l'autre vertical OZ. La résistance et la portance sont

---

[1] *Recherches expérimentales sur les conditions du vol des oiseaux et des avions* (*La Technique aéronautique*, 17e année, nouvelle série, n° 57, 15 juillet 1926, p. 220).

données par

$$F_x = \frac{aS}{2g} c_x v^2 = A \frac{P}{g} v^2,$$

$$F_z = \frac{aS}{2g} c_z v^2 = B \frac{P}{g} v^2.$$

On a, avec les angles marqués sur la figure 1,

$$\frac{dX}{dt} = \quad u \cos\beta = \quad v \cos\tau - w \cos\varphi,$$

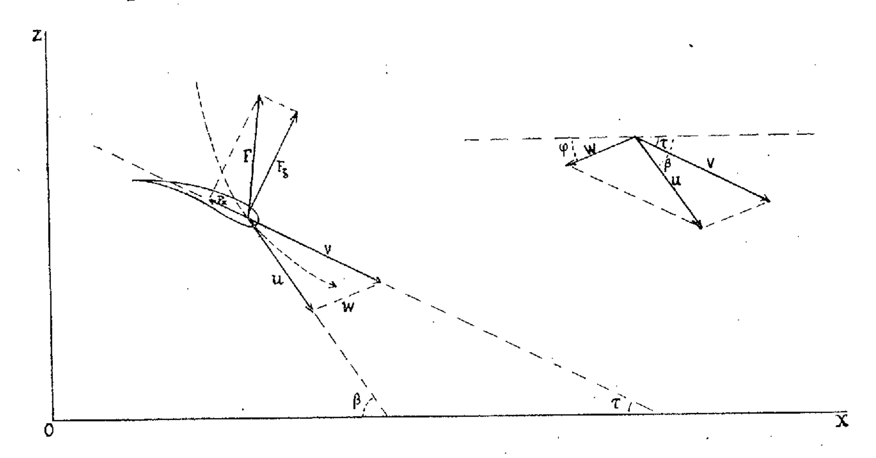
$$\frac{dZ}{dt} = - u \sin\beta = - v \sin\tau - w \sin\varphi.$$

On en déduit, en dérivant et comparant F_x et F_z,

$$\frac{dv}{dt} = \quad \frac{dw}{dt} \cos(\varphi + \tau) - w \frac{d\varphi}{dt} \sin(\varphi + \tau) - A v^2 + g \sin\tau = M - A v^2,$$

$$v \frac{d\tau}{dt} = - \frac{dw}{dt} \sin(\varphi + \tau) - w \frac{d\varphi}{dt} \cos(\varphi + \tau) - B v^2 + g \cos\tau = N - B v^2.$$

Les variables sont ici v, τ, w, et leurs dérivées par rapport à t. Leur connaissance permet, à l'aide de l'opération ci-dessus, d'avoir A et B, c'est-



à-dire les polaires en plein vol, l'intégration se faisant par la méthode des arcs successifs déjà employée en balistique. La cinémitrailleuse fournit directement v et τ à des intervalles de temps de $\frac{1}{16}$ de seconde suffisamment petits pour cette intégration. Dans le cas de vent nul, w et sa dérivée n'interviennent pas et la cinémitrailleuse suffit à elle seule pour donner A et B, c'est-à-dire les polaires de l'oiseau ou du planeur.

Quant à l'avion à moteur, nous ramenons son cas à celui du planeur

grâce au dispositif suivant. Nous plaçons deux Venturi multiples, l'un derrière l'hélice, l'autre un peu en dehors de la voilure et nous les relions à un manomètre différentiel que le pilote maintient au zéro en agissant sur le moteur. Dans ces conditions le vent relatif est le même avant et après l'hélice dont l'action sur le planeur est alors nulle.

S'il y a du vent, la connaissance antérieurement acquise de la polaire permet d'étudier les trajectoires et le régime du vent et par là de contrôler cette polaire. En outre l'étude du vent et par conséquent la détermination des polaires en plein vol peut être faite directement par l'enregistrement cinématographique de traînées de fumée émises à intervalles réguliers d'environ une demi-seconde par le volateur. La cinémitrailleuse à cadre-repère donne ainsi, outre la trajectoire géographique, v, τ, w, φ et leurs quatre dérivées.

Une telle méthode permet en outre d'aborder toute une série de recherches expérimentales intéressant le vol des oiseaux et la sécurité des avions et conduisant à la solution de problèmes considérés jusqu'ici comme très difficiles : influence du souffle de l'hélice, influence de l'hélice en vol piqué et de l'hélice freinée par le moteur.

Au cours des recherches que nous avons déjà poursuivies sur ce sujet, nous avons déterminé avec la cinémitrailleuse à cadre-repère la vitesse d'un avion parcourant une base dans les deux sens. En même temps un indicateur placé sur le même aéroplane enregistrait les vitesses aérodynamiques instantanées. Les deux méthodes ont donné des résultats concordants à 1,5 pour 100 près. Un accord analogue a été obtenu entre les valeurs des accélérations relevées sur les trajectoires et celles fournies directement par l'accélérographe. La mesure des autres grandeurs intervenant dans les équations peut s'effectuer avec une précision du même ordre, ce qui permet d'avoir les polaires avec une approximation aussi grande que celle donnée par l'étude des maquettes en soufflerie, sans qu'il soit nécessaire de faire dans le premier cas les corrections dues aux supports, haubans, interaction des parois et indispensables dans les recherches au tunnel aérodynamique.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement autour d'une plaque plane en rotation.* Note de M. **E. Carafoli**, présentée par M. Rateau.

Soient :

$AB = c$ la profondeur d'une plaque dont la longueur infinie est supposée perpendiculaire au plan du mouvement;

Ox_1y_1, un système d'axes fixes dans ce plan;

Oxy, un autre système d'axes liés avec la plaque, dont l'axe Ox, passant par le centre Q de la plaque, fait l'angle α avec elle. La distance OQ est égale à h;

U, V, les composantes de la vitesse du courant à l'infini sur Ox_1 et Oy_1, de directions négatives par rapport à ces axes;

ω, la vitesse de rotation de la plaque autour de l'axe Oz passant par l'origine;

$\theta = \theta_0 + \int_0^t \omega\, dt$, l'angle de Ox avec Ox_1;

$z = x + iy (\bar{z} = x - iy)$, la variable complexe dans le plan Oxy de la plaque;

$\zeta = \xi + i\eta (\bar{\zeta} = \xi - i\eta)$, la variable complexe dans un autre plan $Q\xi\eta$;

$z = h + e^{i\alpha}\left(\zeta + \dfrac{c^2}{16\zeta}\right)$, la relation permettant la transformation conforme du cercle générateur dans le plan ζ en la trace AB de la plaque dans le plan z.

Par une méthode analogue à celle de M. Caldonazzo [1] nous avons obtenu le potentiel complexe du mouvement autour d'une plaque tournante plongée dans un courant de vitesses — U et — V à l'infini. Si $a = \frac{c}{4}$ représente le rayon du cercle générateur dans le plan ζ, le potentiel autour de ce cercle peut s'écrire :

$$(1) \qquad f(\zeta) = -\mathrm{U}\left(\zeta e^{i(\theta+\alpha)} + \frac{a^2 e^{-i(\theta+\alpha)}}{\zeta}\right) + i\mathrm{V}\left(\zeta e^{i(\theta+\alpha)} - \frac{a^2 e^{-i(\theta+\alpha)}}{\zeta}\right) - i\left[\frac{z\omega a^2 h \cos\alpha}{\zeta} + \frac{\omega a^4}{\zeta^2}\right].$$

L'expérience montre qu'à ce potentiel acyclique s'en superpose un autre, cyclique, de sorte qu'on peut ajouter à l'expression (1) un terme : $-\dfrac{i\Gamma}{2\pi} \ln \zeta$.

Pour calculer la résultante générale $(\mathrm{R} = \mathrm{R}_x + i\mathrm{R}_y)$ et le moment résultant (M) par rapport à l'origine, nous allons appeler φ et ψ le potentiel et la fonction du courant par rapport aux axes mobiles et φ_1, ψ_1, les mêmes fonctions par rapport aux axes fixes. Dans ces conditions,

$$(2) \qquad \mathrm{R} = -\frac{i\rho}{2}\int_{\mathrm{C}}\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2\right] dz - i\rho \int_{\mathrm{C}} \frac{\partial\varphi_1}{\partial t}\, dz = -\frac{i\rho}{2}\int_{\mathrm{C}} \overline{\frac{df}{dz}}\, \frac{df}{dz}\, dz - i\rho\int_{\mathrm{C}} \frac{\partial\varphi_1}{\partial t}\, dz,$$

$$(3) \qquad \mathrm{M} = -\frac{\rho}{2}\int_{\mathrm{C}}\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2\right](x\,dx + y\,dy) - \rho\int_{\mathrm{C}} \frac{\partial\varphi_1}{\partial t}(x\,dx + y\,dy).$$

(1) B. Caldonazzo, *Vorträge aus dem Gebiete der Hydro und Aerodynamik.* (Herausgegeben von Th. v. Kàrmàn und T. Levi-Civitá, p. 175. Verlag Julius Springer, Berlin).

Si $\chi(\chi_1)$ représente la fonction du courant dans le mouvement relatif par rapport à la plaque en rotation, on aura

$$\chi = \psi + \frac{\omega}{2}(x^2+y^2), \qquad \chi_1 = \psi_1 + \frac{\omega}{2} z.\bar{z} \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial \chi_1}{\partial t} = \frac{\partial \psi_1}{\partial t} + \frac{\omega'}{2} z\bar{z}$$

et par conséquent

$$-i\rho\int_c \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} dz = -i\rho\int_c \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial t} + i\frac{\partial \psi_1}{\partial t}\right) dz - \frac{i\rho}{2}\omega' \int (z\bar{z})\, dz$$
$$= -i\rho\int_c \frac{\partial f_1}{\partial t} - \frac{i\rho}{2}\omega' \int_c (z\bar{z})\, dz$$

avec

$$\frac{\partial f_1}{\partial t} = \frac{df}{dz}\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial t} = -i\omega z \frac{df}{dz} + \frac{\partial f}{\partial t}.$$

D'autre part,

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = -\frac{\partial \psi}{\partial s} = \omega\left(x\frac{dx}{ds} + y\frac{dy}{ds}\right) = \frac{\omega}{2}\frac{d(z\bar{z})}{ds},$$

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y}\right)^2 = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial s}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial n}\right)^2 = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial s} + i\frac{\partial \psi}{\partial s} + i\frac{\partial \varphi}{\partial n}\right)^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial n}\right)^2$$
$$= \left(\frac{df}{dz}\right)^2 \left(\frac{dz}{ds}\right)^2 + 2i\frac{df}{dz}\frac{dz}{ds}\frac{\partial \varphi}{\partial n}.$$

On a finalement

$$\mathrm{R} = \mathrm{R}x + i\mathrm{R}y = -\frac{i\rho}{2}\int_c \overline{\frac{df}{dz}}\frac{df}{dz}dz - \omega\rho\int_c z\frac{df}{dz}dz - i\rho\int_c \frac{\partial f}{\partial t}dz - \frac{i\rho}{2}\omega'\int_c (z\bar{z})\,dz$$

ou, pour mettre en évidence le terme de Blasius,

$$(2')\qquad \mathrm{R} = \overline{\frac{i\rho}{2}\int_c \left(\frac{df}{dz}\right)^2 dz} - \rho\omega\int_c \overline{\frac{df}{dz}}\, d(z\bar{z}) - \omega\rho\int_c \frac{df}{dz} z\, dz - i\rho\int_c \frac{\partial f}{\partial t} - \frac{i\rho}{2}\omega'\int_c (z\bar{z})dz.$$

D'une manière analogue on trouve pour le moment résultant

$$\mathrm{M} = (\text{partie réelle}) \left\{ -\frac{\rho}{2}\int \left(\frac{df}{dz}\right)^2 z\, dz - i\omega\frac{\rho}{2}\int_c \frac{df}{dz} z\, d(z\bar{z}) \right.$$
$$\left. -\frac{\rho}{2}\int_c \left[\frac{\partial f_1}{\partial t} + \frac{\omega'}{2}(z\bar{z})\right] d(z\bar{z}) \right\},$$

$$(3')\qquad \mathrm{M} = -(\text{p. r.})\frac{\rho}{2} \left\{ \int_c z\left(\frac{df}{dz}\right)^2 dz + \int_c \frac{\partial f}{\partial t} d(z\bar{z}) \right\}.$$

Si l'on considère maintenant que le courant à l'infini a une vitesse constante égale seulement à la composante sur Ox_1 ($\mathrm{U} = \text{const.}$, $\mathrm{V} = 0$) et que la vitesse de rotation de la plaque soit constante, on trouve les expressions

suivantes pour la résultante et pour le moment résultant :

$$R = i\rho U\Gamma e^{-i\omega t} - 2i\pi\rho\omega a^2 U e^{-i\omega t} + 8\pi\rho\omega^2 a^2 h \cos\alpha\, e^{i\alpha} - \rho\omega h \cos\alpha\, \Gamma e^{i\alpha} + 6i\pi\rho\omega a^2 U e^{i(\omega t+\alpha)} - \rho\omega h\Gamma$$

par rapport aux axes mobiles, ou

$$R_1 = R e^{i\omega t} = i\rho U\Gamma - 2i\pi\rho\omega a^2 U + 8\pi\rho\omega^2 a^2 h \cos\alpha^{i(\omega t+\alpha)} + 6i\pi\rho\omega a^2 U e^{i(2\omega t+\alpha)} - \rho\omega h \cos\alpha\, \Gamma e^{i(\omega t+\alpha)} - \rho\omega h \Gamma e^{i\omega t}$$

par rapport aux axes fixes, et

$$M = \rho h U\Gamma \cos\omega t + 2\pi\rho a^2 U^2 \sin 2(\omega t + \alpha).$$

Leurs valeurs moyennes sont respectivement :

$$R_1(m) = i\rho U(\Gamma - 2\pi\omega a^2), \qquad M(m) = 0. \tag{4}$$

AVIATION. — *Sur les grands raids sans escale et le record de distance en avion.* Note de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Rateau.

Il est facile de voir qu'un avion donné, de poids total initial Pkg, emportant C_0 kg de combustible et de lubrifiant, effectuera le plus long parcours sans escale si, à chaque instant du vol, la fonction $\frac{m}{\eta}\frac{c_x}{c_z}$ est minimum (m est la consommation horaire spécifique du moteur et η le rendement de l'hélice).

Pour que cette fonction reste constamment minimum, il faudrait que le pilote, dès le début de son vol, règle l'admission A du mélange carburé du moteur de façon à obtenir, en palier, un nombre de tours n_0 déterminé d'avance comme optimum (auquel correspond une vitesse aérodynamique V et un angle d'incidence des ailes i) et qu'il laisse l'avion prendre de l'altitude, à mesure qu'il se déleste du combustible consommé, en maintenant n sensiblement constant et en agissant convenablement sur la correction altimétrique de la carburation. A, V et i resteraient alors sensiblement constants et, seule, l'altitude du vol varierait en croissant constamment.

En fait, dans la pratique, les pilotes ne peuvent maintenir constamment l'avion à ce régime théoriquement optimum. Ils doivent en effet, en premier lieu, s'élever assez rapidement dès le départ afin d'atteindre une altitude suffisante pour la sécurité. Une fois l'avion délesté d'une forte partie de son combustible, le pilote ne peut le laisser s'élever trop haut en raison de

la fatigue physiologique du vol à haute altitude. Enfin le pilote doit constamment composer avec les circonstances atmosphériques défavorables (nuages et vents) et les exigences de la navigation.

C'est pourquoi les grands raids accomplis en 1926 sur mon appareil type XIX ont été réalisés à une altitude variant entre 1500 et 3000^{m}, l'altitude de 4000^{m} n'ayant été atteinte qu'accidentellement, alors qu'à la fin du vol l'altitude la plus avantageuse aurait dû être de 7500^{m} au moins.

Au cours de leur vol Paris-Djask, Costes et Rignot — détenteurs actuels du record du monde de distance par 5385^{km} — ont parcouru effectivement sur la carte 5600^{km}; ils ont dû atterrir, en raison de la nuit, sans avoir consommé tout le combustible de leurs réservoirs.

Il a été estimé que ce reste de combustible aurait pu permettre environ 500^{km} de parcours supplémentaire. Le rayon pratique de l'avion a donc été de 6100^{km}. Celui que nous avions calculé était de 6200^{km} par vent nul.

Dans les conditions où ce vol a été effectué, la valeur moyenne de la fonction $\frac{m}{\eta}\frac{c_x}{c_z}$ a été de 0,035.

Le calcul montre que, si le pilote avait pu conduire son appareil au régime optimum théorique cité plus haut, cette fonction aurait eu constamment sa valeur minima 0,031. Le rayon d'action aurait alors été porté à 7000^{km}.

Pour l'avion cité, muni d'un moteur Hispano-Suiza de 550^{ch}, l'excédent relatif de puissance à pleine charge était de 55 pour 100. Le poids au départ P était de 4160^{kg}, pour un coefficient de sécurité de 5 à l'essai statique. Le poids propre en fin de vol était de 1850^{kg}, sur lesquels 280^{kg} correspondaient au poids du pilote, du passager, de leurs bagages et de différents équipements. La charge de combustible représentait donc 1,25 fois le poids propre de l'avion. Quant au poids p du planeur, il était de 16 pour 100 seulement du poids total P. Cette valeur de 0,16 du rapport $\frac{p}{P}$ réalisée sur l'avion en question est considérée comme très faible.

Ce progrès résulte du perfectionnement du procédé de construction et de l'emploi judicieux des alliages légers.

Je prévois qu'on pourra, à assez brève échéance, obtenir pour la fonction $\frac{m}{\eta}\frac{c_x}{c_z}$ une valeur moyenne pratique, c'est-à-dire sans avoir à atteindre des altitudes de plus de 4000^{m}, de 0,03. L passerait alors, les rapports entre les différents poids considérés restant les mêmes, à 7000^{km} (et à 7900^{km} en volant au régime optimum qui implique alors une altitude de fin de vol de l'ordre de 8000^{m}).

Je pense même que, par des allégements déjà réalisés, de l'ordre de 20 pour 100 sur le poids spécifique du moteur et de 10 pour 100 sur le poids du planeur, des rayons d'action de l'ordre de 9000^{km} au régime optimum deviendront à brève échéance possibles, la charge de combustible s'élevant alors à 1,5 fois le poids propre en fin de vol et l'excédent relatif de puissance au départ restant de 50 pour 100.

Observations de M. **Rateau** *sur la Note de* M. Louis Breguet.

Les considérations de M. L. Breguet me paraissent entièrement en accord avec celles que je développais dans ma Note à l'Académie du 16 février 1920 [1], où, pour être aussi exact que possible, je tenais compte de l'influence des résistances passives sur la décroissance du couple avec l'altitude. M. Breguet trouve des distances franchissables plus fortes que moi, parce qu'il donne à la fonction $\frac{m}{\eta}\frac{c_x}{c_z}$ (que je prends sous forme inverse puisque les distances lui sont proportionnelles), que je désignais alors par $\frac{\rho}{E_0}\frac{Y}{X}$, les valeurs 28,5 et 33, tandis que je supposais seulement 24.

En effet, depuis sept ans, on a fait quelques progrès sur le rendement des hélices, sur la consommation spécifique des moteurs (en forçant le rapport de compression) et surtout sur la « finesse » des avions; le chiffre $\frac{1}{8,5}$, qui me paraissait être le maximum réalisé par les meilleurs appareils de ce moment, a pu être réduit aujourd'hui à $\frac{1}{10}$, peut-être même à $\frac{1}{11}$.

En partant de ce dernier chiffre, admettant une consommation spécifique d'essence et d'huile de 225^{g} par cheval-heure au sol (ce qui semble être le minimum actuellement) et un rendement d'hélice de 0,78 qu'il ne faut guère espérer dépasser, la fonction ci-dessus prend la valeur 38, un peu supérieure à celle admise par M. Breguet. Tous les chiffres de distances du tableau que je donnais dans ma Note doivent être multipliés par $\frac{38}{24} = 1,58$, et, en particulier, la distance $\mathcal{L}_m$ de 5622^{km}, correspondant au coefficient $\frac{P_0}{P} = 2,5$ qui est l'hypothèse finale de M. Breguet, devient 8900^{km}, sensiblement la même que celle qu'il trouve.

(1) *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 364.

De nouvelles améliorations, qu'on saura sans doute réaliser dans un avenir assez proche, permettront, je pense, d'abaisser à $\frac{1}{12}$ le coefficient de finesse et de porter le coefficient de charge d'essence $\frac{P_0}{P}$ à 3 (au lieu de 2,25 pour l'appareil de Costes).

La formule (18) de ma Note permet de voir que, dans ces conditions, la distance franchissable pourrait atteindre environ 11000^{km}. Il faudrait alors voler à des altitudes considérables, dépassant 8000^{m} en fin de course.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Interprétation physique de l'équation de quantification des systèmes continus.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'équation de quantification de L. de Broglie et E. Schrödinger étendue aux systèmes *continus* peut s'écrire [1]

$$(1) \qquad F(\psi) \equiv \Box\psi - 2(ke)\sum_{\varphi=1}^{f} Q^{\varphi}\frac{\partial\psi}{\partial q_{\varphi}} + (ke)^2\left[Q - \left(\frac{\tau_m}{\tau_e}\right)^2\right]\psi = 0,$$

où τ_m et τ_e représentent respectivement l'intégrale de $\delta\tau_m$ et $\delta\tau_e$ étendue au système continu considéré à f degrés de liberté; on a posé ici

$$(2) \qquad \tau_m P_{\varphi\psi} \equiv \int g^{\star}_{\varphi\psi}\,\delta\tau_m; \qquad \tau_e Q_{\varphi} \equiv \int \Phi^{\prime}_{\varphi}\,\delta\tau_e.$$

On a introduit dans (1) le dalembertien

$$(3) \qquad \Box\psi \equiv \frac{1}{\sqrt{-P}}\sum_{\varphi}\frac{\partial}{\partial q_{\varphi}}\left[\sqrt{-P}\sum_{\psi} P^{\varphi\psi}\frac{\partial\psi}{\partial q_{\psi}}\right],$$

où P représente le déterminant des $P_{\varphi\psi}$ et où les $P^{\varphi\psi}$ sont les mineurs des $P_{\varphi\psi}$, divisés par P. Rappelons aussi que k représente l'imaginaire pure Ki ou $\frac{2\pi}{ch}i$. Enfin, la fonction ψ de Schrödinger étant complexe, nous pourrons l'écrire

$$(4) \qquad \psi = (A + iB)\,\varepsilon^{iKS}.$$

[1] Voir l'équation (14) de ma Note parue dans ces *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 439-441. Voir aussi l'équation (52) de ma Note parue dans les *Bulletins de l'Ac. roy. de Belgique* (Cl. des Sciences), **13**, 1927, p. 1-11.

Pour les notations, on se reportera à ces deux Notes.

où ε est la base des logarithmes népériens, où A et B sont des fonctions *réelles* de $q_1 \ldots q_f$, et où enfin, S est la fonction *réelle* de Jacobi satisfaisant, en vertu de la Gravifique einsteinienne, à l'équation

$$(5) \qquad [S] \equiv \sum_{\varphi} \sum P^{\varphi\psi} \left[\frac{\partial S}{\partial q_\varphi} - e Q_\varphi\right] \left[\frac{\partial S}{\partial q_\psi} - e Q_\psi\right] - \left(\frac{e \tau_m}{\tau_e}\right)^2 = 0.$$

Supposons (4) dans (1); en tenant compte de (5), on trouve, après quelques calculs [1], la partie réelle et la partie imaginaire pure de $F(\psi)$; d'où, les deux équations *équivalentes* à (1), en vertu de (5),

$$(6) \qquad \frac{1}{\sqrt{-P}} \sum_{\varphi} \frac{\partial(\sqrt{-P}\,\varkappa^\varphi)}{\partial q_\varphi} = \frac{d \log(A^2)}{ds} + K^\star \frac{\Box B}{A} = \frac{d \log(B^2)}{ds} - K^\star \frac{\Box A}{B}$$

où l'on a posé $K^\star \equiv \frac{\tau_e}{e \tau_m K}$; rappelons que $\varkappa^\varphi \equiv \frac{dq_\varphi}{ds}$. Le premier membre de (6) peut aussi s'écrire [2]

$$(7) \qquad \frac{\frac{d(\delta_n)}{ds}}{\delta_n},$$

si l'on pose $\delta_n \equiv \sqrt{-P}\, \delta q_1 \ldots \delta q_f$; rappelons que $\delta s \equiv 0$. Dans (7), on a passé à la limite; la variété à laquelle on étend l'intégrale $\int \sqrt{-P}\, \delta q_1 \ldots \delta q_f$ tend vers le point $(q_1 \ldots q_f)$ de l'espace des configurations du système considéré.

Conclusion. — *Les systèmes moléculaires continus* formant, par leur ensemble, une source lumineuse dont le spectre est régi par l'équation fondamentale (1), *sont soumis aux changements statistiques définis par* (7) *et* (6). *Réciproquement, de ces lois statistiques* on pourra, *grâce à la Gravifique eisteinienne, déduire* rigoureusement *l'équation fondamentale* (1).

---

(1) Ces calculs deviennent fort simples si l'on introduit la fonction auxiliaire $\psi^\star \equiv \varepsilon^{iKS}$; on aura donc $\psi \equiv (A + iB)\psi^\star$. Cette fonction $\psi^\star$ est identique à la fonction ψ qui figure dans ma Note susmentionnée des *Bull. de l'Ac. Roy. de Belgique* (5 mars 1927).

(2) Si A et B sont constants, δn sera *un invariant intégral* des équations régissant le mouvement du système.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur l'interprétation analytique des spectres X des acides gras et de leurs mélanges.* Note (¹) de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

Les acides gras sont susceptibles de prendre plusieurs formes cristallines distinctes, ainsi que le montrent les spectres de rayons X obtenus par la méthode du cristal tournant. Piper, Malkin et Austin (²) ont pu mettre ainsi en évidence trois formes distinctes de l'acide stéarique, correspondant à des distances réticulaires de 40 Å, 44 Å et 46 Å; la valeur obtenue dépend seulement de la façon dont a été préparé l'échantillon, ainsi que de la pureté de celui-ci.

1. *Obtention des diverses formes cristallines des acides gras purs.* — Ces phénomènes pourraient être une cause d'erreur dans l'interprétation des spectrogrammes de ces corps; aussi est-il nécessaire de donner quelques précisions sur la technique de la méthode, afin de montrer que celle-ci conserve sa valeur analytique moyennant quelques précautions simples.

a. Les acides gras purs, orientés par fusion sur une lame de verre, fournissent toujours un seul et unique spectre, correspondant aux distances réticulaires trouvées par Müller et Shearer d'une part, et par moi-même d'autre part (³); il en est de même lorsque l'acide est obtenu par évaporation d'une solution alcoolique. Ces résultats ont été établis à la suite d'un très grand nombre d'essais que j'ai effectués; ils concordent avec ceux de Piper, Malkin et Austin. On peut donc dire que lorsque la cristallisation se fait librement et sans contrainte, on retrouve toujours le même spectre.

b. Si l'orientation est obtenue par simple pression à froid, ou encore si la cristallisation se fait par évaporation d'une solution éthérée (Thibaud) (⁴), il peut apparaître en outre de nouvelles raies correspondant à l'apparition d'autres formes cristallines; ceci est dû sans doute à des conditions opératoires capables d'affecter la cristallisation.

c. La présence de traces d'impuretés dans les acides gras ne fait pas varier leur spectre fondamental, comme j'ai pu le constater en opérant par fusion ou évaporation de solutions alcooliques sur des acides de provenances

(¹) Séance du 21 mars 1927.

(²) *Journ. of Chem. Soc.*, **127**, 1926, p. 2310.

(³) *Annales de Physique*, 10ᵉ série, **6**, juillet-août 1926, p. 61.

(⁴) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 24.

et de préparations diverses, présentant de petites différences dans les points de fusion. Ceci est important en analyse, où l'on ne sépare que très difficilement les dernières traces d'impuretés; toutefois, dans le cas où la proportion de celles-ci devient considérable, au point de donner lieu à un mélange, les résultats peuvent être différents (voir plus loin).

d. Avec les couches orientées provenant de l'attaque des métaux par les acides gras, on n'observe jamais qu'un seul spectre.

Ces observations montrent que, moyennant des précautions simples (orientation par fusion ou par évaporation d'une solution alcoolique), les spectres obtenus ne présentent pas de variations et que, par conséquent, la méthode analytique basée sur la spectrographie X de ces corps conserve tout son intérêt.

2. *Étude des mélanges d'acides gras.* — J'ai étudié de la même manière des mélanges d'acides gras à proportions variables, orientés soit par fusion, soit par évaporation de solutions alcooliques. Les résultats détaillés de ces recherches seront publiés dans un autre recueil; ils peuvent se résumer de la façon suivante :

a. Les spectres obtenus avec des mélanges d'acides gras sont, en général, composés de raies floues, dues sans doute à des phénomènes de distorsion des plans réticulaires.

b. La position des raies ne peut pas être prévue à l'avance d'après les proportions de chaque constituant.

c. Le spectre obtenu paraît dépendre des conditions dans lesquelles se fait l'orientation; dans tous les cas, on obtient toujours une distance réticulaire voisine de celle de l'acide possédant le plus grand nombre d'atomes de carbone, sauf pour de fortes proportions de l'acide inférieur (90 pour 100), auquel cas on retrouve un espacement voisin de celui de ce dernier corps. Ceci pourrait être attribué au fait que l'acide à point de fusion le plus élevé cristallise et s'oriente le premier; l'autre acide possède donc une orientation mauvaise ou nulle; si toutefois la proportion du premier baisse par trop par rapport à celle du second, ce dernier se manifestera à son tour et finira par donner son spectre.

d. On n'obtient pas les spectres séparés de chacun des acides du mélange, quand ces acides sont deux termes consécutifs (acide palmitique + acide stéarique); si les deux acides comportent un nombre d'atomes de carbone assez différent (acide myristique ou laurique + acide stéarique), on peut observer ce dédoublement. J'ai fait cependant remarquer que la présence de certains corps étrangers abaissant le point de fusion du mélange permet l'orientation

de deux acides voisins et l'obtention d'un spectre dédoublé (cas de l'acide margarique). Dans le cas des triglycérides orientés par fusion, on obtient toujours les raies de chacun des constituants du mélange sans précautions spéciales; j'ai pu suivre de cette façon la présence de margarine dans des beurres falsifiés.

c. L'étude des mélanges d'acides gras montre que l'orientation sur verre peut n'être pas suffisante pour renseigner sur la composition qualitative du mélange ; l'orientation sur lame métallique (Pb par exemple) apporte ici aussi un éclaircissement au problème.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la possibilité de modifier à volonté le signe électrique des colloïdes.* Note de M. **A. Boutaric** et Mlle **G. Perreau**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons signalé [1] l'existence de deux zones dans la floculation des solutions colloïdales par les électrolytes dont l'un des ions est polyvalent. La floculation s'observe pour des concentrations de l'électrolyte comprises entre deux limites a et b ($b > a$) et pour celles supérieures à une troisième limite c ($c > b$). Aucune floculation n'a lieu pour les concentrations de l'électrolyte inférieures à a ou comprises entre b et c. Le phénomène se produit avec des électrolytes à cation polyvalent dans les sols à granules négatifs et avec les électrolytes à anion polyvalent dans les sols à granules positifs.

1. Nous avons étudié systématiquement l'influence qu'exerce l'addition de quantités croissantes de l'électrolyte sur la vitesse de transport électrique des granules. La méthode consiste à mesurer simultanément, dans un même circuit, la vitesse de transport v pour le colloïde dilué dans un égal volume de solution électrolytique et la vitesse v_0 pour le colloïde dilué dans un égal volume d'eau. Lorsque la concentration en électrolyte augmente de o à a, le quotient $\frac{v}{v_0}$ diminue de 1 à o. Lorsque la concentration en électrolyte est comprise entre b et c, la vitesse v change de sens; la valeur absolue du quotient $\frac{v}{v_0}$ part de zéro pour des concentrations égales à b, passe par un

(1) A. Boutaric et Mlle G. Perreau, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 205. — A. Boutaric et Mlle L. Dupin, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 326.

maximum inférieur à 1, puis décroît et s'annule pour une concentration égale à c.

2. Ainsi, en traitant un colloïde positif par un électrolyte à anion polyvalent sous une concentration comprise entre b et c et correspondant à la région de non-floculation, on obtient un colloïde négatif. De même, en traitant un colloïde négatif par un électrolyte à cation polyvalent sous une concentration comprise entre b' et c' et correspondant à la région de non-floculation, on obtient un colloïde positif. On peut donc modifier à volonté le signe électrique d'un colloïde. On peut même le modifier successivement un grand nombre de fois et, à partir d'un même sol initial, obtenir une série de colloïdes alternativement positifs et négatifs.

Soit A un sol d'hydrate ferrique positif contenant $1^g,75$ de Fe^2O^3 par litre. En le diluant avec un volume égal d'une solution de phosphate de soude de concentration 8.10^{-3} N (cette concentration correspond à la région de non-floculation comprise entre b et c), on obtient un sol B à granules négatifs. Le sol négatif B présente deux zones de floculation avec les sels à cation polyvalent, notamment avec le chlorure d'aluminium. En diluant le sol B avec un volume égal d'une solution de chlorure d'aluminium de concentration 7,6.10-3N (cette concentration correspond à la région de non-floculation comprise entre b' et c'), on obtient un sol A_1 à granules à nouveau positifs. Ce sol positif A_1 présente deux zones de floculation avec le phosphate de soude. En diluant le sol A_1 avec un volume égal d'une solution de phosphate de soude de concentration 36.10^{-3} N, on obtient un sol B_1 à granules négatifs. Dilué à son tour dans un volume égal d'une solution de chlorure d'aluminium de concentration 55.10-3 N, le sol B_1 fournit un nouveau sol positif A_2 et ainsi de suite.

Soit B une suspension négative de gomme-gutte contenant $1^g,336$ de gomme-gutte par litre. En la diluant avec un volume égal d'une solution de chlorure d'aluminium de concentration 5.10^{-4} N (cette concentration correspond à la région de non-floculation comprise entre b' et c'), on obtient une suspension A à granules positifs. La suspension positive A présente deux zones de floculation avecles sels à anion polyvalent, notamment avec le citrate de soude. En diluant la suspension A avec un volume égal d'une solution de citrate de soude de concentration 50.10^{-4} N (cette concentration correspond à la région de non-floculation comprise entre b et c), on obtient une suspension B_1 à granules à nouveau négatifs. Diluée à son tour dans un volume égal d'une solution de chlorure d'aluminium de concentration 4.10^{-4} N, on obtient une suspension positive A_1 et ainsi de suite.

3. Cette possibilité, pour ainsi dire indéfinie, de modifier à volonté le

signe d'un colloïde sous une influence ne faisant intervenir que des énergies extrêmement faibles nous paraît mériter de retenir l'attention. Il est extrêmement curieux qu'il suffise d'une très faible quantité d'un sel pour changer le signe électrique des granules, ce qui entraîne des modifications profondes dans les propriétés d'un colloïde et notamment lui permet de floculer lorsqu'on le met en présence d'un autre colloïde dont il avait primitivement le signe et avec lequel il pouvait se mélanger sans qu'aucune floculation se produisît. Il ne paraît pas invraisemblable que le changement de signe des colloïdes sous l'influence de sels à ion polyvalent puisse jouer un rôle dans les êtres vivants et permette de comprendre la production de floculations accidentelles entre colloïdes qui, ayant habituellement le même signe, peuvent se mélanger sans produire de floculation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formules pour la prévision des constantes azéotropiques des systèmes formés d'alcool et d'halogénure.* Note de M. **Maurice Lecat**, présentée par M. Le Chatelier.

Dans les systèmes formés d'alcool et d'halogénure, l'azéotropisme est toujours positif ([1]). Dans le cas de l'éthanol (éb. 78°,3) ([2]) et d'un monohalogénure, l'abaissement azéotropique ([1]) δ est donné, d'une manière satisfaisante par la formule empirique :

$$(\mathrm{I}) \qquad \delta(\Delta) = 12{,}3 - 0{,}656\Delta + 0{,}0138\Delta^2 - 0{,}000112\Delta^3,$$

où Δ désigne la valeur absolue de la différence entre les températures d'ébullition des deux constituants. En particulier, $\delta(0) = 12{,}3$ et $\delta(50) = 0$ (si $\Delta \geqq 50$, il n'y a plus azéotropisme). Pour $\Delta \leqq 20$, on peut prendre plus simplement

$$(\mathrm{I}') \qquad \delta(\Delta) = 12{,}3 - 0{,}66\Delta + 0{,}014\Delta^2 - 0{,}0001\Delta^3.$$

L'accord avec les données de l'expérience a lieu, à 0°,3 près, pour les substances suivantes ([3]) : *chlorures* d'isopropyle (éb. 36°,25), d'allyle (45°,7), de propyle (46°,6), d'isobutyle (68°,85), de butyle (78°,05), d'isoamyle (99°,8); en outre chloropropènes α *cis* (32°,8) ([4]) et *trans* (37°,4) ([4]); *bromures* d'éthyle (38°,4), d'isopropyle (59°,8), d'allyle (70°,8), de propyle (71°,0),

---

([1]) M. Lecat, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 880.

([2]) Sous la pression normale de 760mm, comme dans ce qui suit.

([3]) Nous nous bornons aux cas où il y a azéotropisme et, par souci de brièveté, nous n'indiquons les références que pour les travaux d'autrui.

([4]) Marg. Craen, *Thèse Univ. Bruxelles*, 1926, inédite.

d'isobutyle (90°,95), de butyle (100°,3), d'isoamyle (120°,3); en outre bromopropène β (48°,35) [1] et 2-bromobutène-1 (81°,0) [2], *iodures* de méthyle (42°,6), d'éthyle (72°,3), d'isopropyle (89°,35), d'allyle (102°,0), de propyle (102°,4), d'isobutyle (120°,4). Mais on n'a encore aucune donnée sur les *fluorures*. L'excès ε de δ calculé sur δ mesuré (et probablement entaché d'erreur) est : + 0,6 pour les bromopropènes α *cis* (57°,8) [1] et *trans* (63°,25) [1], — 0,7 à — 0,9 pour le 2-bromobutène-2 *trans* (85°,55) [2], le 1-bromobutène-1 *cis* (86°,15) [2], le 2-bromobutène-2 *cis* (93°,9) [2] et le 1-bromobutène-1 *trans* (94°,7) [2].

Si l'halogénure contient plus d'un atome d'halogène, la divergence peut être plus grande. C'est ce qui a été constaté sur les bihalogénures suivants : bichlorométhane (éb. 41°,3; ε = + 1,0), chlorure d'éthylidène (57°,25; + 1,0), bichlorure d'acétylène *cis* (60°,25; + 1,8) [3], chloracétol (69°,8; + 1,1), chlorobromoéthylène *trans* (75°,3; + 1,5) [4], chlorure d'éthylène (83°,7; + 1,5), bibromométhane (98°,2; + 1,5), bibromure d'acétylène *cis* (112°,5; + 1,1) [5]. Pour les bihalogénures, ε serait donc de + 1,3 environ [6]. Quant aux trihalogénures, ils obéissent en général assez bien à (I), par exemple : le trichloréthylène (86°,95; + 0,3); les bichlorobromoéthylènes *cis* (113°,8; + 0,5) [7] et asymétrique (107°,5 env.; + 0,9) [8]; mais il y a exception pour les dérivés du méthane : chloroforme (61,2; + 2,6), dichlorobromométhane (90°,1; + 3,3), etc., substances qui par mixtion à l'éthanol déterminent un dégagement de chaleur, au moins pour certaines proportions, alors qu'avec les autres substances citées dans cette Note, c'est le contraire. Le tétrachlorure de carbone, à 0°,5 près, satisfait à (I).

---

(1) G. CHAVANNE, *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1698.

(2) M. LÉPINGLE, *Bull. Soc. chim. France*, 4e série, **39**, 1926, p. 741.

(3) G. CHAVANNE, *Bull. Soc. Chem. Belg.* (dans la suite *B. C. B.*), **27**, 1913, p. 205.

(4) H. VAN DE WALLE, *B. C. B.*, **28**, 1914-1919, p. 369.

(5) *B. C. B.*, **27**, 1913, p. 209.

(6) Toutefois, d'après Van de Walle on aurait ε = + 2,9 pour le chlorobromoéthylène *cis* (84°,6) [4] et ε = — 0,6 pour le bibromure d'acétylène *trans* (108°) [5]; mais il est probable que ces données sont inexactes.

(7) VAN DE WALLE, *B. C. B.*, **29**, 1920, p. 322.

(8) *B. Acad. Belg.* Cl. Sc., 5e série, **10**, 1924, p. 101; réimpr. *B. C. B.*, **34**, 1925, p. 16.

(9) Certaines valeurs de C, indiquées par Van de Walle, s'écartent fort de (II); par exemple, pour les bibromures d'acétylène *cis* (112°,5; ε = 4,8) [5], *trans* (108°; 18,5) [5] et pour le bichlorobromoéthylène asym. (107,5; 6,0) [8]. Ces divergences invraisemblables correspondent sans doute à des erreurs.

Pour la concentration azéotropique C en éthanol, exprimée en pour 100, la formule empirique

(II) $$C(\Delta_1) = 20 + 0,71\Delta_1 + 0,012\Delta_1^2 + 0,000116\Delta_1^3$$

est satisfaisante; Δ_1 représente, avec son signe, l'excès de la température d'ébullition de l'halogénure sur celle de l'alcool. Pour Δ nul, il y a donc 20 pour 100 en poids d'éthanol. Les halogénures cités obéissent à (II), à 3 pour 100 près; toutefois pour le chloroforme, la divergence ε est 5 (⁹) (voir la note page 817). Si l'on prend la concentration moléculaire, le diagramme devient presque rectiligne.

Sous les mêmes réserves que pour l'éthanol, on a :

(III) $\delta(\Delta) = 13,6 - 0,42\ \Delta + 0,005\Delta^2$ (pour le méthanol),
(IV) $\delta(\Delta) = 8,8 - 0,36\ \Delta + 0,00362\Delta^2$ (pour le propanol),
(V) $\delta(\Delta) = 7,5 - 0,424\Delta + 0,0056\Delta^2$ (pour l'isobutylcarbinol),
(VI) $\delta(\Delta) = 22,7 - 0,57\ \Delta + 0,00443\Delta^2 - 0,00001\Delta^3$ (pour le glycol).

Pour (III-V), les divergences relatives à certains polyhalogénures sont, quantitativement, à peu près les mêmes que pour l'éthanol.

Pour le glycol, il n'y a *azéotropisme* proprement dit que si Δ est à peu près nul ou rend δ très petit; dans l'intervalle, il y a *eutexie* (cas, par exemple, du pentachloréthane, du chloro-, du bromobenzène et des chloro- et bromotoluènes) mais il y a exception pour le tétrachloréthane sym. ($\Delta = 50°,1$), qui donne un *azéotrope*, avec δ trop petit de 2°.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Action des solutions salines complexes sur les métaux ferreux.* Note de M. **René Girard**, présentée par M. A. Rateau.

Dans des Notes antérieures [1], nous avons donné les résultats obtenus par l'action prolongée de solutions : 1° de chlorure de sodium; 2° de chlorure de magnésium; 3° de sulfate de magnésium; 4° de sulfate de calcium sur l'acier et la fonte. Les essais étaient effectués sur des métaux dont l'analyse est donnée dans la première de ces Notes et suivant une technique qui a été précisée à la même occasion.

On avait trouvé une aptitude des fontes à l'enrouillement et de l'acier à la corrosion et une influence très nette de la nature du sel et de l'aération.

Les expériences ont été poursuivies, dans le but d'arriver à l'étude de

---

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 552, et **183**, 1926, p. 213.

l'action de l'eau de mer, par l'action sur les mêmes métaux et suivant la même technique du mélange de composition suivante :

	Par litre.
	g
Chlorure de sodium ClNa	20
Chlorure de magnésium Cl^2Mg	3
Sulfate de magnésium SO^4Mg	1,75
Sulfate de calcium SO^4Ca	1,8

Ces attaques, prolongées pendant 300 jours, ont été faites en solutions aérées et en solutions désaérées.

On a observé les faits suivants :

Solutions aérées. — Les courbes d'attaque sont très analogues à celle qu'on obtient avec le sulfate de calcium seul. Ce sel précipitant impose l'allure de l'attaque. L'influence des autres sels (en particulier du chlorure de sodium) se fait surtout sentir sur la texture des produits de corrosion attachés au métal. L'acier est localement corrodé; les fontes sont enrouillées. Les coefficients d'adhérence des produits de corrosion sont les suivants :

	Acier.	Fontes (moyenne).
Solution complexe	0,16	0,35
Solution ClNa (pour comparaison)	0,19	0,56
Solution SO^4Ca (pour comparaison)	0,10	0,37

Le revêtement des fontes est moins protecteur que dans le cas du chlorure de sodium et il faut voir là une action des sels de magnésium.

Solutions désaérées. — On reconnaît à nouveau l'influence du sulfate de calcium : l'enrouillement général observé dans les solutions de ce sel se retrouve. L'acier cependant présente des piqûres locales. Le revêtement des fontes, bien que très adhérent, est poreux. On reconnaît dans ce fait l'action du chlorure de sodium et des sels de magnésium. Les coefficients d'adhérence sont les suivants :

	Acier.	Fontes (moyenne).
Solution complexe	0,26	0,57
Solution ClNa (pour comparaison)	0,032	0,02
Solution SO^4Ca (pour comparaison)	0,457	0,68

Ces expériences montrent donc en définitive une action prépondérante du sulfate de calcium. Dans le but de confirmer ce fait nous avons repris des expériences identiques mais dans des solutions où le sulfate de calcium est absent, les autres sels restant à la même concentration.

On trouve alors les résultats suivants pour les coefficients d'adhérence :

	Acier.	Fontes (moyenne).
Solution aérée sans SO^4Ca	0,019	0,129
Solution aérée précédente (comparaison)	0,16	0,35
Solution désaérée sans SO^4Ca	0,041	0,131
Solution désaérée précédente (comparaison)	0,26	0,57

L'acier est corrodé ; les revêtements sur la fonte sont poreux et peu protecteurs. La modification ainsi observée est due à la superposition de l'effet des sels de magnésium corrosifs sur l'effet du chlorure de sodium.

Conclusions. — On peut dire d'une façon sommaire :

1° Que l'aptitude de la fonte à l'enrouillement et celle de l'acier à la corrosion sont confirmées ;

2° Que dans un mélange complexe de sels l'effet de totalisation ne se produit pas sur la valeur de l'attaque mais sur la texture des produits de corrosion.

Le sulfate de calcium, sel précipitant en solutions aérées et désaérées, le chlorure de sodium précipitant en solution aérée, corrosif en solution désaérée, les sels de magnésium toujours corrosifs composent leurs effets pour produire une plus ou moins grande porosité des précipités.

Nous cherchons maintenant à confirmer ces résultats par l'étude de l'action de l'eau de mer sur les mêmes métaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques synthèses de glycols à fonction éther-oxyde.* Note de M. **Marcel Godchot**, présentée par M. Ch. Moureu.

Par action des organo-magnésiens sur le diglycolate d'éthyle, nous avons pu obtenir des glycols à fonction éther-oxyde inconnus jusqu'ici. A titre d'exemple, nous indiquerons les faits suivants :

I. Par action de CH^3MgI (4^{mol}) sur le diglycolate d'éthyle (1^{mol}), suivant la technique habituelle, nous avons isolé un corps cristallisé, l'$\alpha.\alpha_1$-tétraméthyldiéthylèneglycol,

$$O\left\langle\begin{array}{l}CH^2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=(CH^3)^2\\ CH^2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=(CH^3)^2\end{array}\right.,$$

très soluble dans l'eau, l'alcool, l'éther; moins dans l'éther de pétrole, qui l'abandonne en magnifiques cristaux incolores, fusibles à 65°, ayant la forme d'un prisme triclinique, aplati suivant *p*. Ce composé ne se déshydrate pas par chauffage en milieu acétique et distille dans le vide vers 125°-128° sous 25^{mm} et même à la pression atmosphérique, vers 230°-235° sans décomposition.

II. Par action de C^6H^5MgBr (4^{mol}) sur le diglycolate d'éthyle (1^{mol}), nous avons isolé un produit cristallisé, l'$\alpha.\alpha_1$-tétraphényldiéthylèneglycol,

$$O\begin{cases} CH^2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=(C^6H^5)^2 \\ CH^2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}=(C^6H^5)^2, \end{cases}$$

insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool éthylique, constitué par de beaux prismes, fusibles à 126°. Chauffé quelques heures en solution acétique, ce corps perd 1^{mol} d'eau pour donner le dioxyde de diéthylène-$\alpha.\alpha_1$-tétraphénylé

$$\begin{matrix} & & H^5C^6 \quad C^6H^5 & \\ & & \diagdown\ \diagup & \\ O\!\!\begin{cases} CH^2- \\ CH^2- \end{cases}\!\! & & \begin{matrix} C \\ C \end{matrix} & \!\!\Big\rangle O, \\ & & \diagup\ \diagdown & \\ & & H^5C^6 \quad C^6H^5 & \end{matrix}$$

constitué par de belles aiguilles, peu solubles dans l'alcool et fusibles à 178°-179°. Si l'on chauffe le glycol en milieu acétique, en présence d'HCl, on obtient par contre le carbure diéthylénique,

$$O\begin{cases} CH=C(C^6H^5)^2 \\ CH=C(C^6H^5)^2, \end{cases}$$

corps huileux, dont l'oxydation par l'acide chromique, fournit de la benzophénone, ce qui en fixe la constitution.

III. Par action de C^6H^5MgBr (4^{mol}) sur l'éthylméthyldiglycolate d'éthyle,

$$\begin{matrix} C^2H^5-CH-COOC^2H^5 \\ | \\ O \\ | \\ CH^3-CH-COOC^2H^5 \end{matrix} \qquad (1^{mol}),$$

décrit et préparé pour la première fois par Jungfleisch et par moi-même (¹),

(¹) *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 26.

nous avons obtenu l'$\alpha.\alpha_1$-tétraphényl-β-éthyl-β_1-méthyldiéthylèneglycol

$$\begin{array}{l} C^2H^5-CH-C=(C^6H^5)^2 \\ \qquad\quad | \qquad | \\ \qquad\quad O \quad\ OH \\ \qquad\quad | \qquad | \\ CH^3-CH-C=(C^6H^5)^2 \\ \qquad\qquad\quad\ | \\ \qquad\qquad\quad OH \end{array}$$

cristallisé, fusible à 142°-143°, soluble dans l'alcool et l'éther ordinaires; par chauffage en solution acétique, ce glycol perd 1^{mol} d'eau en donnant le dioxyde de diéthylène $\alpha.\alpha_1$-tétraphénylé-β-éthyle-β_1-méthylé

$$\begin{array}{l} C^2H^5-CH-C=(C^6H^5)^2 \\ \qquad\quad | \qquad | \\ \qquad\quad O \qquad O \\ \qquad\quad | \qquad | \\ CH^3-CH-C=(C^6H^5)^2 \end{array}$$

constitué par des cristaux assez solubles dans l'alcool et fusibles à 65°.

IV. L'action de C^6H^5MgBr sur le méthyldiglycolate d'éthyle et sur le dilactylate d'éthyle (diméthyldiglycolate d'éthyle) ne nous a fourni que des corps visqueux qui, malgré nos essais, n'ont pu être amenés à cristalliser et qui se décomposent par distillation, même dans le vide; aussi leur étude n'a pu, jusqu'ici, être poursuivie avec succès.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation du naphtalène et de l'anthracène, à haute température et sous pression élevée, en présence de catalyseurs non hydrogénants.* Note [1] de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans deux Notes [2] nous avons déjà démontré que, pour chaque molécule organique, il existait un seuil de température, à partir duquel s'amorçait son hydrogénation. D'autre part, nous avons indiqué que l'on pouvait abaisser le seuil de température de réaction par l'emploi de catalyseurs appropriés qui, dans le cas du naphtalène et de l'anthracène, étaient constitués par les halogénures des métaux terreux, les produits de la réaction étant alors formés principalement par des carbures benzéniques.

(1) Séance du 21 mars 1927.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 389 et 526.

Dans une Note récente, MM. Spilker et Zerbe [1] ont confirmé l'existence de ces seuils de température. Mais, d'après eux, le catalyseur abaisserait bien le seuil de température de réaction mais n'influerait pas sur la nature des produits obtenus par hydrogénation.

En présence de ce désaccord, nous croyons utile de publier les résultats détaillés que nous avons obtenus.

La naphtaline, soumise à une pression initiale d'hydrogène de 90 à 100 kg:cm², commence à s'hydrogéner vers 460°, mais avec une vitesse excessivement faible; ce n'est que vers 475-480° que cette vitesse devient appréciable; aussi pensons-nous qu'on peut admettre, pour seuil effectif d'hydrogénation du naphtalène, une température voisine de 475°. Cette vitesse est d'ailleurs fonction de la pression, et elle s'accroît notablement avec celle-ci; il est donc nécessaire, pour définir un seuil de température de réaction, de fixer également la pression à laquelle on a opéré.

Dans les mêmes conditions l'anthracène présente un seuil de température voisin de 440°.

L'adjonction de chlorure d'aluminium (ou de chlorure ferrique dans le cas de l'anthracène) abaisse respectivement ces seuils à 450° et à 425-430°, sans que ces chiffres présentent d'ailleurs une fixité absolue, car ils sont fonction du mode opératoire et en particulier de la quantité de catalyseur ajoutée, au point que, si celle-ci est trop élevée, elle provoque des phénomènes de cokéfection.

En outre, nous avons constaté que l'adjonction d'un catalyseur augmentait, toutes choses égales, non seulement le rendement en produits liquides, mais encore la teneur de ces produits en carbures benzéniques.

Le tableau ci-après, dans lequel sont résumés les résultats obtenus dans quelques unes de nos opérations, précise d'ailleurs ces différents points.

Voici au surplus les constantes des diverses fractions obtenues à la suite d'une rectification poussée des portions liquides résultant de l'hydrogénation du naphtalène et de l'anthracène, en présence de catalyseurs.

(1) *Zeit. für ang. Chem.*, 39, 1926, p. 1138 à 1143.

Température.	Naphtalène. pour 100.	Densité à 15°.	Indice N_D^{17}.	Anthracène. pour 100.	Densité à 15°.	Indice N_D^{17}.
°						
<80	2	0,817	1,4688	//	//	//
80-100	13,2	0,867	1,4975	<100°-8	0,804	1,4540
100-120	19,5	0,865	1,4978	13	0,843	1,4816
120-140	20,9	0,868	1,4984	7	0,861	1,4927
140-160	5,5	0,882	1,5017	8	0,882	1,5024
160-180	6,7	0,923	1,5193	//	//	//
180-195	10,7	0,942	1,5321	//	//	//
195-205	6,6	0,970$^{25°}$	//	//	//	//
<205	15,0	//	//	//	//	//
160-200	//	//	//	21	0,947	1,5402
200-250 (¹)	//	//	//	26	0,987	//
250-300	//	//	//	16	1,037	//

L'examen des nombres de ce tableau fait ressortir que, dans le cas de la naphtaline, les 60 pour 100 du liquide distillent avant 160° et sont constitués par des carbures benzéniques, accompagnés d'une petite quantité de carbures aliphatiques ; pour l'anthracène les fractions de tête représentent 36 pour 100 du total. Les fractions qui distillent à haute température sont constituées par des hydronaphtalines ou des hydroanthracènes.

Tableau I.

Pression d'hydrogène au départ.	Température maximum.	Durée.	Rendement pour 100 en liquide.	Fract. % distillant avant 180°.	Observations.
			Naphtalène.		
kg/cm²	°	h m			
80	440	1.50	0	0	sans catalyseur
102	450-460	1.20	8,0	7,5	»
90	480-490	1	6,8	21,8	»
100	480	3	17,6	36,0	»
90	450-500	3	64,0	54,0	avec catalyseur
98	450-480	4	56,0	59,4	»
			Anthracène.		
110	425-430	3.30	7,2	0	sans catalyseur
105	450-500	2.10	21,5	16	»
100	425-450	4	60,0	3,75	»
102	»	4	67,0	19,0	avec catalyseur
95	»	4	52,4	34,0	»

(¹) Un corps solide, blanc, cristallisé. P. F : 68-69°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de préparation des acides α-cétoniques*. Note de M. **Barré**, présentée par M. Béhal.

A basse température, le bromure de magnésium-éthyle ne réagit que sur la fonction éther-sel du diéthyloxamate d'éthyle. On obtient ainsi la diéthylamide de l'acide α-éthyl-α-oxybutyrique, qui bout à 120° sous 11^{mm}. Mais, en même temps, se forme aussi le produit cétonique intermédiaire, c'est-à-dire la diéthylamide de l'acide propionylformique; celle-ci bout à 100° sous 11^{mm} et donne une semicarbazone qui fond à 140°.

$$C^2H^5-O-CO-CO-N(C^2H^5)^2 \longrightarrow \begin{cases} C^2H^5-CO-CO-N(C^2H^5)^2 & \text{(II)} \\ (C^2H^5)^2C(OH)-CO-N(C^2H^5)^2 & \text{(I)} \end{cases}$$

Les proportions des deux amides varient avec la proportion de dérivé magnésien, la température et la durée de contact.

$C^2H^5-Mg-Br$.	Heures.	Température.	I.	II.
mol 3	45	0°	pour 100 85–90	pour 100 2–3
2	15	0	70	20
1,5..........	1	−15	5–10	75–80

Il se forme aussi, dans cette réaction, des traces de dipropionyle, et il reste environ 10 pour 100 d'éther diéthyloxamique non transformé.

Le fait qu'on peut commodément limiter la réaction à son terme cétonique permet de l'utiliser comme méthode de préparation des acides α-cétoniques, méthode plus simple encore et plus rapide que celle que M. Blaise a donnée antérieurement (¹).

Si, en effet, l'amide-alcool refuse de s'hydrater, même en milieu fortement alcalin, la cétone-amide s'hydrolyse au contraire aisément. La seule difficulté réside dans la sensibilité des acides α-cétoniques à l'action du réactif employé. En fait, il faut opérer rapidement et l'on obtient un rendement de 70 pour 100 en faisant bouillir la cétone-amide avec de l'acide chlorhydrique dilué de moitié pendant une heure, le mélange étant soumis à une agitation mécanique énergique.

(¹) *Comptes rendus*, 158, 1900, p. 708, et *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 19, 1916, p. 10.

Les auteurs sont peu d'accord sur les propriétés de l'acide propionylformique; Claisen et Moritz (*Berichte*, 13, p. 2121) le décrivent comme un liquide non solidifiable à — 16°, tandis que Van der Sleen (*Tr. Ch. P.-Bas*, 21, p. 236) l'a obtenu solide. En fait, cet acide cristallise immédiatement quand il est pur, et fond à 31-32°; il bout à 80-82° sous 16mm. La phénylhydrazone fond à 161°, l'oxime à 167° et la semicarbazone à 210°. Il s'agit ici de points de fusion instantanée; par chauffage lent, ces points s'abaissent respectivement à 152°, 161° et 190°.

Nous nous réservons de développer cette étude qui met en évidence deux points intéressants, à savoir : que la transformation d'une fonction acide en fonction amide disubstituée peut permettre de soustraire la première à l'action des dérivés organomagnésiens et que, dans certains cas, l'action de ceux-ci sur la fonction éther-sel se laisse aisément limiter à son terme cétonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la disulfisatyde.*
Note de MM. **A. Wahl** et **Féricéan**, présentée par M. C. Matignon.

La sulfésatyde, désignée maintenant sous le nom de *disulfisatyde*, fut découverte par Laurent, en 1841 [1], en traitant l'isatine en solution alcoolique, concentrée et bouillante, par l'hydrogène sulfuré et précipitant ensuite par l'eau. L'un de nous, avec W. Hansen [2], a confirmé les analyses de Laurent, et a montré que le poids moléculaire de la disulfisatyde, au sein de l'acide acétique, correspond bien à la formule $C^{16}H^{12}O^2N^2S^2$. De plus, sa transformation en isoindigo et en leucoisoindigo a permis de représenter la disulfisatyde par le schéma (I) :

```
   (SH)          (SH)
    C-------------C                      C(SH)
C6H4< >CO    CO< >C6H4            C6H4< >C—OH
    NH           NH                      NH
          (I).                          (II).
```

Ces résultats étaient publiés depuis quelque temps, lorsque Sander [3],

(1) Laurent, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, 3, 1841, p. 463.
(2) A. Wahl et Hansen, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 214.
(3) Sander, *Berichte*, 58, 1925, p. 824.

qui n'en avait pas connaissance, proposa la formule (II) qui correspond à C^8H^7ONS, sans d'ailleurs apporter d'autres preuves que des considérations d'analogie plus ou moins justifiées. Or l'analyse élémentaire est impuissante pour différencier deux formules aussi voisines.

Mais il nous a semblé que l'étude de la réaction qui donne naissance à la disulfisatyde pourrait fournir d'utiles indications. En effet la réaction, suivant le cas, doit être représentée par l'une ou l'autre des deux équations :

$$\text{(I)} \qquad 2(C^8H^5O^2N) + 3H^2S = C^{16}H^{12}O^2N^2S^2 + 2H^2O + S$$

$$\text{(II)} \qquad C^8H^5O^2N + 2H^2S = C^8H^7ONS + H^2O + S.$$

On voit que la proportion de soufre libéré suivant Sander est exactement double de celle exigée par la formule de Laurent. Cependant, pour que l'expérience puisse être concluante, certaines conditions doivent être remplies, au préalable. Car la disulfisatyde cristallise difficilement; de plus, rien n'indique que la transformation de l'isatine est quantitative et le mode opératoire de Laurent ne permet pas la séparation des produits secondaires, s'il s'en forme. Notre première préoccupation fut la recherche de conditions de préparation plus favorables.

Nous avons reconnu tout d'abord qu'il est préférable de faire agir H^2S à froid sur l'isatine mise en suspension dans 10 parties d'alcool, plutôt que d'opérer à l'ébullition et en milieu concentré. Dans ces conditions, l'isatine se dissout peu à peu, le liquide s'échauffe légèrement et, en abandonnant la solution limpide et à peine colorée, il se forme bientôt un abondant dépôt cristallin presque blanc. Ce dépôt est encore plus considérable quand on remplace l'alcool éthylique par l'alcool méthylique. On recueille alors une première cristallisation dont le poids est d'environ 80 pour 100 de celui de l'isatine mise en œuvre; l'évaporation des eaux mères fournit une nouvelle cristallisation importante. Le produit sec et pulvérisé doit être soumis à un épuisement par CS^2 pour en éliminer le soufre libre. Il reste alors une poudre cristalline presque blanche, peu soluble dans l'alcool bouillant, plus soluble dans les acides formique et acétique, ainsi que dans le phénol. La solution phénolique abandonne des cristaux quand on l'étend avec de l'acide acétique ou de l'alcool méthylique. L'homogénéité du produit obtenu est démontrée par le fait que diverses fractions d'une cristallisation dans l'alcool présentent une teneur en soufre constante. L'analyse de divers échantillons cristallisés a donné les chiffres suivants :

	I.	II.	III.	Calculé pour $C^{16}H^{12}O^2N^2S^2$.
C	58,37	58,36	58,36	58,53
H	3,70	4,05	3,72	3,70
N	8,44	8,57	8,42	8,53
S	19,55	20,2	19,62	19,50

La détermination du poids moléculaire au sein du phénol a donné 320 et 324, la théorie pour $C^{16}H^{12}O^2N^2S^2$ étant 328.

Il n'est donc pas douteux que le produit ainsi obtenu est de la disulfisatyde pure. Ce fait étant établi, nous avons alors déterminé, par pesée, d'une part, la quantité de soufre mis en liberté dans la réaction, et d'autre part, la quantité de disulfisatyde formée. Voici quelques chiffres :

			Soufre théorique d'après	
Isatine.	Disulfisatyde.	Soufre.	Laurent.	Sander.
10	9,6	0,93	1,09	2,18
10	9,64	0,94	»	»
15	16,0	1,45	1,63	3,2
30	29,2	3,10	3,26	6,5

Le rendement en disulfisatyde atteint donc 90 pour 100 de la théorie; ce qui prouve que la réaction est intégrale; dans ces conditions, la proportion de soufre éliminé est bien celle exigée par la formule de Laurent, qu'il convient donc de conserver.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation générale des hydrocarbures, par réduction des substances organiques. Emploi du carbone et de l'oxyde de carbone.* Note [1] de M. **J. Campardou**, présentée par M. P. Sabatier.

Sidot, puis Ehrenfeld et, ultérieurement, J.-B. Senderens, A. Mailhe, Lemoine, Senderens et Aboulenc ont étudié la décomposition de quelques substances organiques, principalement des alcools et des acides forméniques, sous l'influence du charbon de bois, de la braise de boulanger, ou du noir animal.

Pour tous ces auteurs, la décomposition, toujours complexe, s'effectue suivant une réaction purement catalytique. Quoique l'oxyde de carbone et l'anhydride carbonique figurent dans les produits gazeux de l'opération, ils admettent que ceux-ci proviennent seulement de la décomposition de la substance organique elle-même.

---

(1) Séance du 21 mars 1927.

Cependant, Sabatier et Mailhe ont établi que l'oxyde de carbone naissant, provenant de la décomposition de l'acide formique, réduit partiellement les acides organiques, en présence de certains oxydes métalliques, tels que l'oxyde titanique, TiO^2, agissant comme catalyseurs, vers 250°. On obtient de l'anhydride carbonique et l'*aldéhyde*, correspondant à l'acide traité.

Récemment, G. Stadnikoff, N. Gawloff et A. Wingradoff ont publié une Note : *Sur la réduction des composés organiques oxygénés, au moyen du charbon activé.* Ces auteurs ont remarqué que, si l'on fait passer du crésol, en vapeurs, sur du charbon déposé sur du fer divisé, à 430°, le *crésol* est réduit en *toluène*. L'oxygène est séparé en CO et CO^2.

Antérieurement à cette publication, j'ai exposé le principe d'une préparation générale des hydrocarbures, par réduction des substances organiques, sous l'influence du charbon de bois et de l'oxyde de carbone.

D'une façon générale, si l'on fait passer les vapeurs d'une substance organique ternaire, hydro-oxygénée, sur du charbon de bois, contenu dans un tube chauffé vers 450-500°, on constate qu'il se produit de l'oxyde de carbone, avec un peu d'anhydride carbonique et l'on obtient le carbure d'hydrogène résultant de la réduction théorique de la substance mise en œuvre. On obtient, par exemple, les *carbures forméniques*, avec les alcools et les éthers-oxydes, les *carbures éthyléniques*, avec les aldéhydes, les cétones, les acides, etc.

Sans doute, avec les alcools, à la température où l'on opère, des réactions secondaires se superposent à la réaction principale. L'on obtient, en partie, les produits de la déshydratation de l'alcool traité, c'est-à-dire de la vapeur d'eau et le carbure éthylénique correspondant. Il en est de même avec les éther-oxydes.

Avec les acides, on peut obtenir également les produits de leur décomposition pyrogénée, notamment des hydrocarbures éthyléniques plus simples, par enlèvement de CO^2, mais aussi des hydrocarbures plus complexes, résultant de la soudure des radicaux libérés.

La réaction ne présente au contraire aucune complication avec les phénols, en raison de la grande stabilité des carbures benzéniques; on obtient le benzène et, surtout, ses homologues, avec de bons rendements.

Dans le but d'élucider le mécanisme de la réaction, j'ai été amené à reprendre l'étude de la réduction des acides organiques par l'oxyde de carbone.

Je me suis rendu compte que cette réduction peut être aisément poussée

jusqu'aux *hydrocarbures*. Elle présente aussi un caractère de très grande généralité.

Pour le constater, il suffit d'employer l'oxyde de carbone en présence de charbon de bois comme catalyseur, et d'opérer la réduction à des températures plus élevées que celles utilisées par Sabatier et Mailhe, c'est-à-dire vers 400-450°. Dans ces conditions, on obtient, non seulement avec les acides, mais aussi avec les autres fonctions hydro-oxygénées, alcools, éther-oxydes, aldéhydes, cétones, etc., les carbures forméniques ou éthyléniques correspondants.

Il semble donc que les deux réactions de réduction bien connues :

$$C + H^2O \rightarrow CO + H^2, \quad (1)$$

$$CO + H^2O \rightarrow CO^2 + H^2, \quad (2)$$

soient absolument générales et applicables, aussi bien à la chimie organique qu'à la chimie minérale.

J'ai pu constater, d'ailleurs, que la réaction (2), dite réaction de Mertz et Weill, est, elle-même, catalysée par le charbon de bois, dès 350°, dans des conditions par suite plus favorables que par les catalyseurs métalliques.

Au point de vue *physico-chimique*, la réduction par l'oxyde de carbone présente le plus d'avantages. Comme pour la réduction des oxydes métalliques, il n'est pas douteux qu'elle joue le rôle principal dans la transformation des substances organiques en hydrocarbures, sous l'influence du charbon seul.

Les données thermochimiques sont, on le sait, en faveur de la réduction du type (2); celle-ci est, pratiquement, toujours *exothermique*. Au contraire, la réduction du type (1) est souvent *endothermique*.

Ainsi, avec le phénol, la transformation en benzène dégage 22,4 calories par molécule-gramme, dans le cas de la réduction par l'oxyde de carbone. Au contraire, elle *absorbe* 20,0 calories, dans le cas de la réaction (1).

Il en résulte que les premières doivent être conduites, d'une façon générale, à aussi basse température que possible, c'est-à-dire au voisinage de la limite inférieure d'activité du catalyseur. Par contre, les dernières nécessitent des températures relativement élevées, dont la décomposition des hydrocarbures fixe le terme.

Par ailleurs les réactions du type (2) s'effectuent sans changement de volume. Elles sont par suite indépendantes de la pression. Elles s'exerceront, quelle que soit la pression nécessaire pour éviter les effets de la thermolyse, sur les carbures d'hydrogène formés.

GÉOLOGIE. — *Sur la zone mylonitique de Grimaud et le décollement antéstéphanien de la partie occidentale du massif des Maures.* Note de M. A. Demay, présentée par M. Pierre Termier.

En signalant pour la première fois dans le massif des Maures *des zones mylonitiques hercyniennes et en particulier celle de Grimaud*, j'ai, dans une Note antérieure ([1]), défini l'anticlinal déversé de Bormes qui chevauche les micaschistes inférieurs. L'écrasement de Grimaud, à la limite des micaschistes inférieurs et des gneiss de Saint-Tropez, me semblait traduire, « malgré le redressement des strates, un véritable charriage ». J'indiquais en outre que ces mouvements étaient antéstéphaniens. M. Alb. Michel-Lévy signalait ultérieurement des formations houillères broyées dans la région du Plan-de-la-Tour entre les Gniols et la route du col de Vignon et citait aussi, à 7^{km} au sud de cette route, le ravin nord-ouest de Grimaud. Il ajoutait que l'écrasement intéresse parfois le Cristallophyllien et concluait à un mouvement poststéphanien. Des observations nouvelles me permettent de confirmer et compléter les conclusions de ma Note préliminaire.

J'ai pu suivre la zone cristallophyllienne mylonitique de Grimaud, par des affleurements nombreux échelonnés à petite distance les uns des autres, dans la presqu'île de Saint-Tropez entre la baie de Cavalaire et le golfe de Saint-Tropez, puis, après un décalage *pyrénéen*, depuis Grimaud jusqu'au Plan-de-la-Tour ([2]) et, plus au Nord, entre la bande houillère et le granite, jusqu'aux abords de la dépression permienne. Au sud du Plan-de-la-Tour, elle apparaît, comme à Grimaud, à la limite des micaschistes inférieurs et des gneiss de Saint-Tropez. Dans la zone septentrionale, les gneiss mylonitiques affleurent à l'est du Houiller, les micaschistes à l'ouest. Pourtant, au nord des Gniols et sur la rive droite du Couloubrier, j'ai pu observer à l'est du Houiller deux petits lambeaux de micaschistes et constater l'accentuation de l'écrasement gneissique près du contact, le laminage ou l'écrasement des micaschistes. J'ai acquis ainsi la certitude que, là aussi, les phénomènes dynamiques résultent d'une poussée des micaschistes sur les gneiss

---

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 402.

([2]) J'ai signalé la continuité de l'écrasement entre le Plan-de-la-Tour et Grimaud, et dans la presqu'île de Saint-Tropez, en avril 1926. Pour celle-ci, M. H. Schœller a donné en même temps des observations concordantes (*Compte rendu sommaire Soc. géol. de Fr.*, 4e série, **26**, 1926, p. 61-62).

de Saint-Tropez. *Sur toute la largeur du massif, depuis la Méditerranée jusqu'à la dépression permienne, le contact de ceux-ci et de ceux-là est un contact anormal.*

Pour l'âge du mouvement, il ne se présente aucune difficulté au sud du Plan-de-la-Tour. Dans le ravin nord-ouest de Grimaud, la zone mylonitique affleure à l'est du Houiller intact qui ne la touche pas. Près de la cote 344, on passe du granite dans les gneiss mylonitiques, puis dans les micaschistes, d'abord écrasés puis intacts, et l'on atteint près du col des Cauvins le Houiller également intact. Plus au Nord, la zone mylonitique est en contact direct avec le Houiller; mais l'étude détaillée du terrain et l'analyse micrographique permettent d'attribuer entièrement cette zone au Cristallophyllien. Dans la *mylonite verdâtre et schisteuse* qui, sur l'ancienne route du col de Vignon, affleure immédiatement à l'est des grès ou poudingues houillers, le microscope décèle les fragments anguleux de quartz et de feldspath et aussi *des bandes feldspathiques disloquées, de la biotite tordue en lacets et chloritisée, qui accusent la texture gneissique.* Ailleurs ce sont des *mylonites à grain fin, à facies de faux grès,* dont la texture gneissique et cataclastique apparaît clairement au microscope. La reconstitution sur place de la mylonite désagrégée donne parfois l'impression d'un passage continu au grès houiller; la zone douteuse, souvent très réduite, ne dépasse jamais quelques mètres de puissance et il est aussi difficile sur le bord ouest de séparer les micaschistes intacts et les psammites. Le Houiller, malgré son plissement aigu, est dans l'ensemble tout à fait tranquille et présente seulement des traces d'agitation sur le bord est redressé, tandis que les gneiss mylonitiques peuvent être observés sur plus de 200^{m} de puissance. On est ainsi conduit à distinguer le mouvement poststéphanien évoqué par M. Alb. Michel-Lévy et le mouvement de Grimaud.

Pour celui-ci, des observations nombreuses apportent la preuve directe de l'âge antéstéphanien. A Grimaud dans le poudingue houiller intact, j'ai recueilli, outre le galet de mylonite aphanitique et bréchoïde cité dans ma première Note, *un galet bien arrondi, où le microscope a mis en évidence le quartz et le feldspath brisés, la biotite tordue et bourrée en paquets lenticulaires,* c'est-à-dire un faciès identique à celui des nombreux échantillons prélevés dans la zone gneissique mylonitique. D'autre part j'ai observé au nord des Gniols, dans une languette synclinale détachée de la bande principale, le poudingue houiller intact, encadré par les gneiss franchement mylonitiques. Plus au Nord, dans le lit du ruisseau de Marri-Vallat, le *conglomérat houiller formé de gros éléments et même de véritables blocs repose*

sur un gneiss broyé et recristallisé qui a été identifié au microscope. Plus loin encore, près du confluent de ce ruisseau et du Couloubrier, tous les faits observés, intensité et puissance de l'écrasement cristallophyllien, plongée faible et allure tranquille du Houiller, existence de galets de roche laminée, conduisent à la même conclusion : *Le mouvement de Grimaud est antéstéphanien. Le Houiller du Plan-de-la-Tour s'est déposé sur un fond partiellement mylonitique*. MM. P. Termier et G. Friedel ont signalé depuis longtemps des exemples d'une telle disposition dans le Plateau Central.

En résumé, la puissante zone mylonitique, découverte d'abord à Grimaud et suivie seulement sur 1^{km}, est connue maintenant sur toute la largeur du massif des Maures, à la limite des micaschistes inférieurs et des gneiss de Saint-Tropez. Le mouvement de Grimaud est antéstéphanien et le Houiller du Plan-de-la-Tour s'est déposé sur le Cristallophyllien, déjà laminé ou mylonitique, qui affleure actuellement à sa bordure est. La démonstration du décollement de toute la partie occidentale du massif des Maures entraîne, quant à sa structure générale, des conséquences importantes.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique de la région d'Arnac-la-Poste (Haute-Vienne)*. Note de M. **Georges Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

La partie du Massif Central de la France située à l'ouest du grand chenal houiller Noyant-Decazeville, est caractérisée par l'existence de longues chaînes de granulite qui comprennent entre elles un noyau de granite à biotite (granite de Guéret) occupant la plus grande partie du département de la Creuse.

La région d'Arnac-la-Poste, géographiquement distincte de ce massif granitique, auquel elle ne se rattache que par un isthme étroit, présente le grand intérêt de se trouver au croisement de directions différentes de deux de ces chaînes, la chaîne de Chatelus, dirigée de l'Est à l'Ouest et celle de la Haute-Vienne (insuffisamment figurée sur la carte au $\frac{1}{1000000}$) dirigée du Sud au Nord.

Notre attention a été appelée sur cette région par le désaccord qui règne, au point de vue de sa constitution géologique, entre les cartes géologiques de la Haute-Vienne. Elle serait entièrement occupée, d'après Manès (1), par des

(1) *Statistique géologique et industrielle de la Haute-Vienne*, avec carte, brochure lithographiée, Paris, 1833.

gneiss et, d'après Mallard (1), partie par des gneiss, partie par des « granites gneissiques à mica blanc » (granulites). D'autre part, sur la feuille géologique d'Aigurande (1893), la même région est figurée comme occupée en totalité par la granulite, à part le rocher gneissique sur lequel est assise l'église d'Arnac. La chaîne de Chatelus et celle de la Haute-Vienne se trouvent donc, sur cette feuille, reliées d'une manière continue.

D'après nos propres explorations, la région d'Arnac est occupée par des gneiss granitiques et par des granites à biotite. Elle se rattache donc, par sa constitution géologique, au grand massif granitique de la Creuse. En forme de losange, elle est comprise entre la partie septentrionale de la chaîne de la Haute-Vienne, la granulite de Saint-Sulpice-les-Feuilles, et ce qui, à première vue, semble le prolongement, infléchi vers le Nord-Ouest (Lussac-les-Églises et Azat-le-Ris), de la granulite de la Haute-Vienne. A l'Est, elle est limitée et séparée de la chaîne de Chatelus par une faille transversale, dirigée N.N.E., faille qui se prolonge plus au Nord, dans la même direction, séparant alors la granulite de Saint-Sulpice et de Vareilles des schistes du Plateau d'Aigurande. Il y a donc une grande probabilité pour que cette granulite de Saint-Sulpice soit un prolongement, décroché vers le Nord, de la chaîne de Chatelus (2), laquelle persisterait à l'extrême Ouest, unie peut-être au prolongement de la chaîne de la Haute-Vienne.

Dans l'isthme qui réunit la région d'Arnac au noyau granitique, il nous a paru que les gneiss d'Arnac passent au granite de Guéret, et cependant l'existence d'un décrochement rendrait ce passage douteux. Dans tous les cas, l'identité de constitution géologique est certaine et les gneiss granitiques à l'intérieur de la région passent en divers points (les Bordes, Fonpuy, Puy Roger, Rufasson, et surtout Clairbize) au granite type de Guéret. Il y a plus; on y observe aussi, en contact avec la granulite de la Haute-Vienne, particulièrement aux environs de Saint-Hilaire-la-Treille, de beaux granites à grands cristaux, identiques à ceux que nous avons antérieurement signalés dans la région de la Souterraine. Ils représentent certainement le prolongement, au Nord, des granites de même nature dont nous venons de délimiter l'extension sur 14^{km} de longueur, entre la Vallade (sud du Bois de Bessac) et Maziéras près de Folles (Haute-Vienne) et qui forment la bordure du massif granitique de la Creuse.

M. Eugène Raguin a récemment signalé (3) que la zone de fracture d'Ar-

---

(1) *Carte géologique du département de la Haute-Vienne*, Limoges, 1865.

(2) *Bulletin des Services de la Carte géologique de France*, CLV, 1924, p. 146.

(3) *Au sujet de divers genres de mylonites granitiques* (*Ibid.*, CLXI, 1926, p. 16).

gentat, au lieu de se poursuivre, à partir de Lavaud-Monjourde, à travers la chaîne de granulite, comme nous avions cru l'observer autrefois [1], est déviée vers le Nord, le long de la chaîne de granulite, et s'observe encore au Petit-Bessac. Plus au Nord, le Bois de Bessac s'oppose à toute observation, mais nous avons nous-même constaté qu'au Grand-Bessac, les granulites sont schisteuses, et ce facies se poursuit sans doute le long de la granulite jusqu'à Saint-Hilaire, puisque, à Grassevaux et à Peutru, près de Saint-Hilaire, non seulement la granulite est schisteuse, mais il en est de même du granite dont les grands cristaux se sont régulièrement alignés. La chaîne de granulite semble donc, dans la région, avoir refoulé la zone de dislocation d'Argentat, qui reparaît plus à l'Ouest, à partir de Dampierre, avec sa direction normale, et ses caractères si accusés d'écrasement des roches, qu'elle a, en partie, perdus de Lavaud-Monjourde à Saint-Hilaire.

Signalons encore une autre particularité de la tectonique de la région. Mallard a observé jadis que la limite nord de la granulite de Saint-Sulpice, d'abord dirigée vers le Nord-Ouest à partir du décrochement de Vareilles, est ensuite, à Mouhet, brusquement déviée vers le Sud-Ouest. Nous avons, d'un autre côté, constaté que la limite sud subit, à Ratenon, une inflexion parallèle. Cette granulite de Saint-Sulpice, que l'on peut considérer comme un prolongement de la chaîne de Chatelus, dessine donc un crochet vers le Nord analogue à une inflexion du même genre que l'on observe à Saint-Léger-Bridereix.

En définitive la région d'Arnac-la-Poste, si uniforme comme composition de terrain, est située à un nœud de fractures, de glissements et de compressions longitudinales qui peuvent expliquer sa situation excentrique par rapport au grand massif granitique de la Creuse.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La saccharogénie dans la Betterave.* Note de M. **H. Colin**, présentée par M. Guignard.

Les seuls glucides mobiles présents dans le limbe des feuilles de Betterave sont le glucose, le lévulose et le sucre de canne, ce dernier vraisemblablement formé de prime saut dans les cellules vertes. L'amidon, si

[1] *Sur l'existence d'une zone de roches écrasées, dans la région ouest du Massif Central français* (*Comptes rendus*, 164, 1917, p. 822); *Sur quelques effets du laminage des roches, observés dans la partie occidentale du Massif Central de la France* (*Ibid.*, 169, 1919, p. 980).

abondant à l'intérieur des cotylédons et des premières feuilles, fait à peu près défaut dans les feuilles adultes.

En émigrant vers la racine, le contingent hydrocarboné ne cesse de se transformer; le sucre cristallisable s'hydrolyse, si bien qu'à la base du pétiole, le rapport pondéral du saccharose au sucre réducteur est très inférieur à l'unité. Néanmoins le mélange est fortement *dextrogyre*, ce qui paraît indiquer que le glucose s'y trouve en grand excès sur le lévulose, contrairement à ce qu'affirmait Claude Bernard.

L'entraînement du lévulose de préférence au glucose lors de la défécation, l'influence des acides aminés optiquement actifs ne suffisent pas à infirmer la conclusion précédente; la présence de pentoses *libres* créerait une cause d'erreur beaucoup plus sérieuse. En effet, les méthodes les plus diverses, variation de la rotation avec la température, oxydation par l'eau de brome ou par l'iode en milieu faiblement alcalin, révèlent, dans l'extrait alcoolique, un excès de sucre *aldéhydique;* mais qu'une partie soit à l'état d'arabinose — $[\alpha]_D = +122$ — le quotient $\frac{\text{glucose}}{\text{lévulose}}$, évalué d'après les données polarimétriques, s'en trouvera considérablement diminué.

Or les chimistes de Rothamsted [1] ont signalé, dans les feuilles de Betterave, limbes et pétioles, des pentoses libres à raison de 0,1 environ du sucre total; les théories de la saccharogénie étaient par là même remises en question.

Ces vues n'ont pas été confirmées; les pentoses libres, s'il en existe dans les feuilles de Betterave, ne s'y rencontrent qu'en infime proportion. Les extraits à l'alcool fort ne donnent pas la réaction des pentoses au β-naphtol; traités par HCl à l'ébullition, ils ne livrent pas de furfurol ou sinon des traces; il en va tout autrement dès qu'on les additionne de quantités minimes — 0,01 à 0,03 du sucre total — de xylose ou d'arabinose [2].

Le sucre réducteur des feuilles, au voisinage immédiat de la souche, n'est donc formé que de lévulose et de glucose, ce dernier en quantité prépondérante.

On ne sait rien de la façon dont s'effectue la synthèse du saccharose à partir de ce mélange. La souche commence-t-elle par isomériser le glucose? Il est bien plus difficile encore d'imaginer comment le lévulose ordinaire est incorporé au saccharose sous forme de fructose γ.

---

(1) Davis, Daish et Sawyer, *J. of Agr. Sc.*, 7, 1916, p. 255.
(2) Colin et Franquet, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 9, 1927, p. 114.

La condensation commence dans les premières assises du collet, c'est en vain qu'on tente de la provoquer dès la base du pétiole; elle semble liée à la vie de la plante, la pulpe réduite en bouillie est sans action.

La discontinuité chimique est aussi accentuée que possible entre la feuille et la racine; le saccharose, si peu abondant à la base du pétiole, l'emporte de beaucoup sur le sucre réducteur, dès qu'on pénètre dans le collet.

Il y a tout lieu de croire que la synthèse du sucre de canne s'accomplit de préférence à l'intérieur des éléments libériens; c'était là une idée chère à Maquenne qui n'apercevait nulle part ailleurs l'alcalinité nécessaire aux isomérisations préalables. En réalité, la réaction à peine basique des tubes criblés n'explique rien à elle seule, mais ce n'est pas un hasard si les anneaux vasculaires de la souche de Betterave sont plus riches en saccharose que le parenchyme interstitiel et ne renferment, par contre, que des traces de sucre réducteur. De plus, il est significatif que dans le collet, lâchement vascularisé, le réducteur libre soit, proportionnellement au sucre cristallisable, plus abondant que dans la souche où les faisceaux sont plus serrés; cela est particulièrement marqué sur les variétés à collet allongé telles que la Poirée : le rapport *réducteur saccharose* va diminuant tout le long du collet pour tomber à rien dans le corps de la racine.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Symbiose obligatoire ou vie indépendante des champignons de Lichens.* Note de M. **R.-G. Werner**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les Ascomycètes qui entrent dans le thalle des Lichens sont capables de vivre seuls en culture pure. Nous l'avons démontré dans deux Notes sur le *Cladonia squamosa* (¹) et le *Xanthoria parietina* (²). Les premières manifestations vitales ont été observées en culture sur lames perforées, les colonies plus âgées ont été étudiées en coupes microtomiques. Nous avons ainsi pu établir la succession de tous les stades à partir de la spore germante et prouver, par là, que nous étions toujours en présence du champignon lichénique. Nos recherches se sont étendues par la suite à d'autres Lichens

(¹) Ch. Killian et R.-G. Werner, *Cultures pures des champignons de Lichens* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1339).

(²) R.-G. Werner, Xanthoria parietina, *Lichen, son champignon en culture pure* (*Bull. Soc. myc. Fr.*, 41, III, 1925, p. 385).

appartenant aux groupes des Foliacés et des Fruticuleux tels que le *Gyrophora erosa*, le *Parmelia conspersa*, le *Sticta pulmonacea*, le *Peltigera canina*, le *Ramalina fraxinea*, l'*Usnea barbata*, le *Cladonia coccifera* et le *Bæomyces roseus*, tous cultivés sur gélose à partir de l'ascospore.

Leur développement initial est pareil jusqu'à l'âge de trois mois; ils constituent un mycélium d'aspect floconneux à croissance radiaire. Avec le troisième mois s'opère une différenciation des tissus uniformément plectenchymateux. Le plectenchyme externe conserve ses éléments trapus et serrés, formant une écorce comparable à celle du Lichen. Le plectenchyme interne s'allonge en filaments peu denses et correspond ainsi à la médulle. Enfin la couche gonidiale sans algue est représentée par un tissu intermédiaire entre le cortex et la moelle.

Chacun des genres cités prend, en culture pure, une forme et une coloration qui lui est spéciale et qui ressemble beaucoup au Lichen correspondant. Un champignon de Lichen foliacé restera de préférence aplati, tandis qu'un champignon de Lichen fruticuleux aura tendance à s'élever en un amas plus ou moins élégant. Durant tout son développement le mycète se laisse aisément identifier par ses membranes très épaisses et son protoplasme granuleux.

Si tous ces caractères, tant anatomiques que morphologiques, rapprochent le thalle cultivé de celui du Lichen, il en diffère cependant en ce qui concerne les organes de multiplication. Au lieu de former des spermogonies, les hyphes aériennes, filaments lâches très développés chez les champignons étudiés, se constituent en conidiophores plus ou moins bien définis comme tels; ceux-ci détachent des conidies qui reforment relativement vite une colonie secondaire. A côté de cette multiplication si spéciale intervient une multiplication par fragments de thalle ainsi qu'une régénération au sein du substratum même, ce dont nous parlerons avec plus de détails dans notre travail de thèse.

Quant au point de vue physiologique, le champignon se présente en véritable saprophyte et liquéfie le substratum gélatineux. Son action destructive s'exerce sur d'autres végétaux, et il étouffe tout ce qui peut le gêner dans sa croissance, même ses semblables qui ne lui sont pas directement apparentés. Seul le futur conjoint, l'algue, fait exception à cette règle. Lorsqu'on met en présence d'un jeune thalle cultivé des gonidies, également isolées en culture pure du Lichen, on constate que les hyphes aériennes, en plus de leur fonction multiplicative, ont un rôle très important dans la captation des cellules vertes. Elles vont sans cesse à la recherche

de nouvelles gonidies pour les englober et les incorporer au thalle massif. Souvent même, des hyphes quelconques pénètrent dans l'être unicellulaire, parfois jusqu'au noyau, sans cependant le léser ni le tuer.

En résumé, les Ascomycètes de Lichens libérés de la gonidie sont véritablement capables de vivre indépendamment en culture pure, contrairement aux opinions émises par certains lichénographes. Ces champignons ressemblent morphologiquement, anatomiquement et physiologiquement aux Lichens correspondants; ils en diffèrent uniquement par leur multiplication.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches histologiques sur les greffes testiculaires chez les mammifères (Rat blanc).* Note de M. **Jacques Rollet**, présentée par M. Bazy.

Nous avons tenté de préciser le sort histologique des greffes testiculaires et les réactions des tissus autour de ces greffes.

Nos recherches ont porté sur le Rat blanc. Cent vingt et une expériences ont été pratiquées : 83 auto ou homotransplantations et 27 hétérotransplantations. En plus 21 transplantations diverses ont été faites sur des Lapins ou Cobayes. La durée de ces observations s'échelonne de 2 jours à 8 mois.

Les techniques employées ont été variables : greffe du testicule entier, en fragment ou broyé; dans le tissu cellulaire sous-cutané, dans le péritoine, sur la face externe de l'albuginée, à l'intérieur de l'albuginée; chez des animaux entiers ou castrés, de même sexe ou de sexe opposé.

J'ai observé les résultats généraux suivants :

a. D'une façon constante, on peut constater la mort du greffon, quelles que fussent les conditions opératoires. Dès le deuxième ou troisième jour apparaissent des modifications nécrotiques, nettes et accentuées de tous les éléments histologiques. Vers le septième ou huitième jour, leur dégénérescence est totale, sauf à la périphérie où il existe du tissu conjonctif intertubulaire vivant et d'aspect jeune. Du dixième au vingtième jour, apparaissent des cellules volumineuses et claires dont la signification est à discuter. Cet état histologique paraît alors rester sans grande modification pendant plusieurs mois.

Les cellules de la lignée séminale meurent très rapidement. Très vite l'aspect des tubes devient trouble, uniformément acidophile. Parfois les

tubes centraux conservent plus longtemps un aspect normal : leurs cellules, quoique mortes, gardent leurs contours ; le noyau est encore nettement visible. Il existe souvent des débris chromatiques, dont quelques-uns rappellent par leur forme les spermatozoïdes, mais ceux-ci sont manifestement morts ; jamais nous n'avons constaté la présence des spermatozoïdes vivants. Enfin, existent dans ces tubes des dépôts hémateiphiles dont la nature calcaire peut être précisée par la microincinération.

b. A partir du dixième jour apparaissent des cellules volumineuses (20 à 25 microns), à limites généralement nettes, possédant un gros noyau, un protoplasme abondant, clair, aréolaire ou réticulé, comme spongieux, riche en graisse, avec des granulations plus ou moins cristalloïdes très réfrigérantes au microscope à polarisation (éthers de la cholestérine). Elles occupent les espaces intertubulaires et ressemblent ainsi beaucoup aux cellules interstitielles endocrines normales. Elles peuvent être situées dans l'intérieur même des tubes. Certaines sont parfois plurinucléées (cellules géantes), ou présentent un aspect pseudosyncytial qui a pu les faire confondre avec le syncytium de Sertoli.

Il n'est pas douteux qu'il ne s'agit pas là d'éléments du greffon ayant survécu ; car, dans les stades les plus précoces du greffon, tout est dégénéré. Ces éléments n'apparaissent que vers le dixième jour. Ce sont des cellules venues avec le tissu conjonctif de l'hôte, des macrophages qui se développent au contact du greffon en voie de résorption. Il y a lieu de penser que la genèse de ces cellules, d'apparition tardive, est liée à la lente résorption de la greffe, cette résorption provoquant des modifications dans certaines cellules du tissu conjonctif qui a envahi la greffe.

Doit-on assimiler ces cellules ainsi modifiées à des éléments de la glande interstitielle, peut-on leur accorder des capacités endocrines ? La question peut se poser. Elle est difficile à résoudre d'une façon certaine.

c. Ce schéma s'applique surtout à l'auto et à l'homotransplantation, dont les résultats sont très comparables. Au contraire, dans l'hétérotransplantation, les aspects sont tout différents : il y a rapidement transformation en un tissu fibreux de tout le transplant qui disparaît, ou bien au contraire le greffon reste inerte comme un corps étranger et le tissu conjonctif, venu de l'hôte, ne le pénètre que très superficiellement. Dans ces cas, il n'y a jamais apparition de ces volumineuses cellules rappelant les éléments interstitiels. Entre hôte et greffon, on rencontre seulement quelques cellules à protoplasma réticulé et clair, mais beaucoup plus petites. Ainsi au point de vue morphologique, l'hétérotransplantation

apparaît comme donnant des résultats très différents des auto et homotransplantations.

Ainsi nos recherches montrent qu'il n'y a jamais greffe vraie, mais que les aspects morphologiques dont s'accompagne la résorption, d'ailleurs très lente, du transplant, peuvent peut-être expliquer les résultats physiologiques des greffes testiculaires rapportés de divers côtés.

BIOLOGIE. — *Sur le rayonnement mitogénétique secondaire*. Note de M. A. Gurwitsch et Mme L. Gurwitsch, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une série de Communications sur les rayons mitogénétiques, résumées récemment dans le *Bulletin d'Histologie appliquée* (3, 1926, p. 221) et dans la monographie : *Das Problem der Zellteilung, physiologisch betrachtet* (Berlin, Springer, 1926), nous avons considéré l'émission de ces rayons, comme un phénomène universel et uniforme pour les règnes végétal et animal [1]. Comme sources du rayonnement ont été reconnus : les faisceaux vasculaires et les méristèmes des jeunes plantes, les tissus embryonnaires animaux, le sang de grenouille adulte, les levures, etc. Comme détecteurs, c'est-à-dire objets, sur lesquels l'effet mitogénétique est facile à mettre en évidence, nous avons employé les racines d'*Allium* et les levures. En comparant le nombre des mitoses simultanées dans les deux moitiés symétriques de la racine, l'une exposée aux rayonnements mitogénétiques, l'autre opposée, on peut constater un surcroît de 25-50 pour 100 dans la première, les différences normales entre les deux moitiés de la racine ne dépassant guère 3-4 pour 100.

L'effet immédiat des rayons mitogénétiques sur la cellule a été censé être un acte de résonance, le terme étant assez vague et pouvant en somme correspondre aussi bien à un rayonnement secondaire qu'à une transformation quelconque de l'énergie rayonnante absorbée. Nos expériences récentes, dont nous donnons ici un bref exposé, prouvent qu'il s'agit bien d'un rayonnement mitogénétique secondaire, et que, non seulement les cellules en voie de division (méristème), mais aussi celles de la zone d'accroissement sont susceptibles de produire ce rayonnement.

Nous n'insisterons ici que sur la dernière catégorie qui offre un intérêt tout particulier.

---

[1] Certaines données semblent montrer qu'il s'agit de rayons ultraviolets d'une longueur d'onde de 2000-1900 angströms approximativement.

Une racine, dont la pointe est enlevée, perd, comme nous l'avons démontré, son pouvoir mitogénétique. Il s'agit, comme l'a prouvé l'un de nous, d'un choc ou d'une inhibition par réflection. Si l'on expose une semblable racine (A), ne contenant plus de méristème, à une induction d'une, ou mieux de deux racines normales, elle recouvre son pouvoir mitogénétique normal. Une autre racine (C), se trouvant sur le prolongement de son axe, montre le surcroît typique des mitoses du côté exposé. Voici comme exemple un extrait de nos protocoles d'expérience.

Induction avec le moignon d'une racine non influencée.

Nombre des mitoses		
du côté exposé.	du côté opposé.	Différence pour 100.
435	425	2,0

Induction avec le moignon d'une racine subissant l'induction de deux autres.

Nombre des mitoses		
du côté exposé.	du côté opposé.	Différence pour 100.
948	730	32

Il peut s'agir ici soit d'une résonance pure, c'est-à-dire de fluorescence, ou bien d'un déclenchement des processus internes dans les cellules exposées aux rayons mitogénétiques, dont le rayonnement secondaire ne serait qu'un phénomène concomitant. La dernière éventualité s'impose. En effet, le rayonnement secondaire dure quelque temps après l'exposition primaire. Les expériences du deuxième tableau ont été variées de manière à en donner la preuve. La racine C, qui doit subir le rayonnement secondaire, n'est mise en rapport avec la racine A qu'après la cessation de l'induction primaire partant des racines B.

Nombre des mitoses du côté exposé........	888
Nombre des mitoses du côté opposé........	704
Différence pour 100........................	26

Des preuves ont été fournies, que le rayonnement secondaire a lieu aussi dans les cellules du méristème.

Nous pouvons donc conclure que la réaction première et immédiate des cellules, en réponse au rayonnement mitogénétique, consiste en un déclenchement d'énergie accumulée dans la cellule et devant accomplir le travail de la mitose. Il paraît, d'après certaines données, que ce processus, à en

juger d'après le rayonnement secondaire concomitant, précède l'acte même de la mitose, en offrant sous ce rapport une analogie avec le processus énergétique de la contraction musculaire. Ce point d'une importance capitale pourrait être facilement vérifié sur un matériel tel que les œufs d'oursin.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *L'équilibre lipoïdique du sérum sanguin.* Note de MM. **Ch. Achard**, **A. Grigaut** et **A. Leblanc**, présentée par M. A. Desgrez.

Les divergences observées dans le dosage des lipides du sang normal sont ordinairement attribuées à des défauts d'épuisement. Nous pensons qu'on peut aussi mettre en cause les altérations que ces corps subissent au cours des opérations d'isolement et de purification : les modifications de leur solubilité dans les solvants organiques employés peuvent expliquer les pertes constatées.

Pour éviter ces causes d'erreur, nous traitons le sérum par une grande quantité d'un mélange de 3 parties d'alcool à 95° pour une partie d'éther sulfurique : le volume de ce liquide employé est au moins égal à 20 fois celui du sérum. Ensuite les opérations de filtration, d'évaporation et de purification par l'éther anhydre sont menées le plus rapidement possible.

L'extrait obtenu, qui forme ce qu'on appelle habituellement les graisses totales du sérum, comprend des graisses neutres, de la cholestérine libre ou éthérifiée, des acides gras libres, des savons, de la lécithine et différents lipoïdes encore mal connus. C'est dans cet extrait que sont dosés la cholestérine, la lécithine et les acides gras non saturés (indice d'iode).

Le sérum de sujets jeunes et indemnes de toute maladie aiguë ou chronique, recueilli le matin à jeun, donne les résultats suivants, d'après la moyenne d'un grand nombre d'examens, avec des variations individuelles qui restent minimes :

Graisses totales	7^{g},50
Cholestérine	1,60
Lécithine	1,70
Indice d'iode	45

Ces chiffres permettent d'établir les rapports classiques :

$$\frac{\text{Cholestérine}}{\text{graisses totales}} = 0,21;$$

$$\frac{\text{Lipoïdes (cholest. + lécith.)}}{\text{graisses totales}} = 0,44;$$

$$\frac{\text{Cholestérine}}{\text{Lécithine}} = 0,94.$$

En saponifiant les graisses totales, on obtient facilement le taux des acides gras, ce qui permet de calculer la constante lipémique de Terroine, correspondant au coefficient lipocytique des tissus de A. Mayer et Schaeffer :

$$\frac{\text{Cholestérine}}{\text{Acides gras}} = 0,38 \text{ (constante lipémique)}.$$

Ces constantes lipoïdiques de sérum normal peuvent, sous l'influence de différentes conditions physiologiques (alimentation, gestation) et pathologiques, subir des variations dont certaines ont fait déjà l'objet de nombreuses études. Notre attention s'est portée sur les variations des acides gras non saturés : à l'encontre des graisses saturées qui sont des matières de réserve stables, ces acides non saturés paraissent jouer un rôle actif dans les échanges nutritifs.

Ils entrent pour une proportion importante dans la molécule de la lécithine dont on connaît le rôle dans l'oxydation des graisses. Ils existent en grande quantité dans le foie qui exerce une action primordiale sur la rétrogradation des acides gras, comme l'ont montré les expériences de perfusion. Or ils sont très diminués dans les états de déficience hépatique. Tandis que l'indice d'iode des graisses totales du foie normal est aux environs de 110, nous avons trouvé dans des foies cirrhotiques ou graisseux des valeurs inférieures à 60.

En étudiant au cours des maladies aiguës (fièvre typhoïde et pneumonie principalement) les variations des lipides de sérum, il nous a paru que la mesure de l'indice d'iode peut donner une indication sur la nutrition générale de l'organisme. On connaît les variations cycliques de la chlolestérinémie et de la lécithinémie dans ces maladies. Le taux des graisses totales décrit aussi un cycle analogue. Or l'indice d'iode subit également un abaissement à la période d'état et se relève à l'entrée en convalescence, mais parfois ne revient à la normale qu'au bout de plusieurs semaines après l'apyrexie.

Il existe donc dans ces états morbides une modification non seulement quantitative de la lipémie et de ses constituants, mais aussi qualitatives : le pourcentage d'acides non saturés contenus dans la masse des graisses et lipoïdes étant lui-même très diminué, la capacité lipo-iodique prend une valeur très faible [1].

On sait que les acides gras ne deviennent utilisables qu'après être entrés en combinaison avec les lipoïdes (éthers de la cholestérine et lécithine). Aussi est-il intéressant de noter la chute pathologique de l'indice d'iode et de la capacité lipo-iodique, qui traduit l'insuffisance de l'organisme à désaturer les acides gras, premier stade de leur désintégration.

La séance est levée à 16^h.

E. P.

---

(1) Nous appelons *capacité lipo-iodique* la quantité d'iode, exprimée en grammes, que les graisses totales du sérum, contenues dans 1^l, sont capables de fixer. L'indice d'iode étant la quantité d'iode en grammes que 100^g de ces graisses peuvent fixer, la capacité lipo-iodique normale est fournie par la formule

$$\frac{\text{indice d'iode}}{100} \times \text{graisses totales} = \frac{45 \times 7,5}{100} = 3,375.$$

Nous l'avons vu tomber dans la fièvre typhoïde jusqu'à 1,02.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926 (*suite*).

Bulletin de la Société française des électriciens. Paris.
Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. Mulhouse.
Bulletin de la Société industrielle de Rouen. Rouen.
Bulletin de la Société philomatique de Paris. Paris.
Bulletin de la Société physico-mathématique de Kazan. Kazan.
Bulletin de la Société Ramond. Bagnères-de-Bigorre.
Bulletin de la Société scientifique du Dauphiné. Grenoble.
Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles. Lausanne.
Bulletin de l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale. Paris.
Bulletin de l'Auvergne. Clermont-Ferrand.
Bulletin de l'École supérieure d'agronomie. Brno.
Bulletin de l'Institut catholique de Paris. Paris.
Bulletin de l'Institut océanographique. Paris.
Bulletin de l'Observatoire de Nice. Nice.
Bulletin de l'Observatoire de Toulouse. Toulouse.
Bulletin de l'Université de l'Asie centrale. Tachkent.
Bulletin des mines de Madagascar. Tananarive.
Bulletin du Comité géologique de Leningrad. Leningrad.
Bulletin du Jardin botanique de l'État. Bruxelles.
Bulletin du Service géologique de l'Indochine. Hanoï.
Bulletin économique; Madagascar et dépendances. Tananarive.
Bulletin économique de l'Indochine. Hanoï.
Bulletin financier (Haut-Commissariat de la République française dans les provinces du Rhin). Paris.
Bulletin international de l'Académie polonaise des sciences et des lettres. Cracovie.
Bulletin mensuel de l'Observatoire météorologique de l'Université d'Upsala. Upsala.
Bulletin mensuel de l'Office national météorologique de France. Paris.
Bulletin mensuel de l'Office permanent de statistique. La Haye.
Bulletin officiel de la propriété industrielle et commerciale. Paris.
Bulletin of the biological board of Canada. Toronto.
Bulletin of the Chemical Society of Japan. Tokyo.
Bulletin of the Geological Survey of China. Péking.
Bulletin of the Hydrographic Department. Tokyo.

Bulletin of the University of Kansas. Lawrence (Kansas).
Bulletin pluviométrique. Observatoire central de l'Indochine. Phu-Lien.
Bulletin quotidien d'études de l'Office national météorologique de France.
Bulletin quotidien de renseignements de l'Office national météorologique de France.
Bulletins de la Station biologique de la Société des amis des sciences naturelles, d'anthropologie et d'ethnographie. Moscou.
Bulletins et mémoires de la Société médicale des hôpitaux de Bucarest. Bucarest.
Bulletin trimestriel de l'Institut des actuaires français. Paris.
Bulletin volcanologique. Napoli.

Calendario de patologia vegetal y zoologia economica. Buenos-Aires.
California Academy of sciences. Annuaire. Occasional Papers. San Francisco.
Cambridge bulletin (The). Cambridge (Great Britain).
Cambridge Observatory (Annual report). Cambridge.
Canada department of mines. Mines branch. (Publications). Ottawa.
Canada. Ministère des mines. Commission géologique (Mémoire).
Canadian Patent Office Record and Register of Copyrights and Trade Marks (The). Ottawa.
Canal de Suez (Le); bulletin décadaire de la Compagnie Universelle du canal maritime de Suez. Paris.
Carnegie Institution of Washington (Year book, Publications). Washington.
Catalogo astrofotografico (Seccion del Observatorio de Marina). San Fernando.
Catalogo astrofotografico internazionale (R. Osservatorio astrofisico di Catania). Catania.
Catalogo astrografico (Sezione Vaticana). Roma.
Catalogue des écrits académiques suisses. Bâle.
Catalogue photographique du ciel (Observatoire de Bordeaux). Paris.
Cenové Zprávy; rapports sur les prix publiés par l'Office de statistique de la République tchécoslovaque. Prague.
Chaleur et industrie. Paris.
Chemical News (The) and Journal of Industrial Science. London.
Chimie et industrie. Paris.
Ciencia. Revista catalana de ciencia i tecnologia. Barcelona.
Circulaire de l'Observatoire de Marseille. Marseille.
Circular of the Bureau of Standards. Washington.
Collection Payot. Paris.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 17 janvier 1927.)

Note de M. *S.-A. Janczewski*, Sur quelques problèmes aux limites pour les équations différentielles linéaires ordinaires du quatrième ordre :

Page 141, ligne 16, *au lieu de* et ne s'annulent, *lire* et ne s'annule.

Page 142, ligne 16, *au lieu de* 1148, *lire* 1458; ligne 17, *au lieu de* 3568, *lire* 3468. Note (1), ligne 3, *au lieu de* $a_{11}a_{24} - a_{14}a_{21} = a_{13}a_{22}$, *lire* $= -a_{13}a_{22} + a_{12}a_{23}$; ligne 5, *au lieu de* p. 710, *lire* p. 10.

(Séance du 31 janvier 1927.)

Note de M. *S.-A. Janczewski*, Les théorèmes d'oscillation des problèmes réguliers de Sturm pour les équations différentielles linéaires ordinaires du quatrième ordre.

Page 262, ligne 3, formule (2), *lire* $\ldots + c_{i3}y'_a + c_{i4}y_a + d_{i1}(\rho y'')'_b + \ldots$; ligne 6, *au lieu de* et ne s'annulent, *lire* et ne s'annule; ligne 18, *au lieu de* $y_a \neq 8$, *lire* $y_a \neq 0$; ligne 20, *lire* si l'on a $y'_a \neq 0$ [resp. $y'' \neq 0$]; ligne 25, *au lieu de* Q_2, *lire* K_2; lignes 29 à 32, rétablir les conditions (4) ainsi qu'il suit :

$$(4)\quad \begin{cases} \begin{vmatrix} a_{11} & a_{14} \\ a_{21} & a_{24} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \geqq 0, & \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \leqq 0, \\ \begin{vmatrix} b_{11} & b_{13} \\ b_{21} & b_{23} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{vmatrix} \geqq 0, & \begin{vmatrix} b_{11} & b_{14} \\ b_{21} & b_{24} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{vmatrix} \geqq 0. \end{cases}$$

Note du bas de la page, *au lieu de* $(q + b - x)$, *lire* $(a + b - x)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AVRIL 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **John Townsend**, Correspondant pour la Section de Physique, qui assiste à la séance.

GÉODÉSIE. — *Océans et continents. Marées océaniques et marées du sol. Formules normalisées pour leur calcul théorique.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Il y aurait grand intérêt, tant au point de vue des marées océaniques que des marées de l'écorce et des variations des latitudes, à savoir faire la théorie des marées en tenant compte des continents. Il faudrait pouvoir pousser jusqu'aux calculs numériques assez étendus pour permettre de tracer les cartes d'égal soulèvement soit du sol, soit de l'océan. Ce sont ces calculs qu'il est assez facile d'organiser à l'aide des méthodes de solution numérique des *problèmes mixtes* que j'ai indiquées autrefois [1].

2. Je m'occuperai uniquement aujourd'hui des *marées statiques*, et je me contenterai de donner le tableau des formules à employer, sans la justification théorique, que j'ai fournie dans mes leçons de cet hiver au Collège de France.

$\mathfrak{V}^0$, potentiel newtonien perturbateur;

$\mathfrak{V}^i$, potentiel newtonien induit, dû à toutes les déformations qui accompagnent les marées de la mer et du sol;

---

[1] Marcel Brillouin, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 461 et 611; 161, 1915, p. 437 et 775; *Ann. Phys.*, 9e série, 6, 1916, p. 137 et 223.

G, constante de la gravitation universelle;

$$\Delta\mathfrak{T} = \Delta(\mathfrak{T}^0 + \mathfrak{T}^i) = -4\pi G\rho,$$

ρ, densité matérielle;
ζ, déplacement radial du solide;
ζ^{aq}, déplacement radial de la surface d'équilibre de l'eau;
R, rayon de la surface de niveau moyenne de la terre et des mers;
g, intensité moyenne de la pesanteur uniforme;
Σ_N avec $n^2 < N \leqq (n+1)^2$, une des fonctions harmoniques de surface, de Legendre ou de Laplace, rangées en ordre linéaire, fonctions de la colatitude θ et de la longitude α.

Le potentiel perturbateur (lunaire, solaire, de déplacement de l'axe de rotation, etc.) est connu, et peut être développé en fonctions harmoniques de coefficients connus

$$\mathfrak{T}^0 = \sum \varpi_N \Sigma_N \left(\frac{r}{R}\right)^n.$$

Il s'agit de construire les solutions particulières fondamentales *normalisées* pour la distribution géographique réelle des terres et des mers.

3. *Marées sur un solide indéformable sphérique.* — L'épaisseur des océans est très petite par rapport au rayon R de la sphère.

$$\mathfrak{T}^i = \sum A_N \Phi_N \qquad (r \leqq R),$$

$$\mathfrak{T}^i = \sum A\ \Pi_N \qquad (r \geqq R),$$

$$g\zeta^{aq} - \mathfrak{T}^i_R - \mathfrak{T}^0_R = 0 \qquad (r = R).$$

A la surface ($r = R$) les conditions sont

$$\Pi_N = \Phi_N, \qquad \sum A_N \left(\frac{\partial \Pi_N}{\partial r} - \frac{\partial \Phi_N}{\partial r}\right) = \begin{cases} -4\pi G.\zeta^{aq} & \text{(océans)}, \\ 0 & \text{(continents)}. \end{cases}$$

Je construis les deux suites (fermées) de fonctions

$$c_0^0 \Pi_0 = \Sigma_0,$$
$$\dots\dots\dots,$$
$$c_N^N \Pi_N = c_N^0 \Pi_0 + \dots + c_N^{N-1} \Pi_N + \left(\frac{R}{r}\right)^{n+1} \Sigma_N,$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots;$$
$$c_0^0 \Phi_0 = \Sigma_0,$$
$$\dots\dots\dots,$$
$$c_N^N \Phi_N = c_N^0 \Phi_0 + \dots + c_N^{N-1} \Phi_{N-1} + \left(\frac{r}{R}\right)^n \Sigma_N,$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

La normalisation convenable s'obtient en prenant

$$c_N^M = \int_{\text{océans}} \left[\Pi'_M - \Phi'_M + \frac{4\pi G}{g} \Pi_M \right] \left[\frac{2n+1}{R} - \frac{4\pi G}{g} \right] \Sigma_N \sin\theta \, d\theta \, d\alpha + \int_{\text{continents}} (\Pi'_M - \Phi'_M) \frac{2n+1}{R} \Sigma_N \sin\theta \, d\theta \, d\alpha$$

et

$$(c_N^N)^2 = \int_{\text{océans}} \left[\frac{(2n+1)}{R} - \frac{4\pi G}{g} \right]^2 \Sigma_N^2 \sin\theta \, d\theta \, d\alpha + \int_{\text{continents}} \left[\frac{(2n+1)}{R} \right]^2 \Sigma_N^2 \sin\theta \, d\theta \, d\alpha - [(c_N^0)^2 + (c_N^1)^2 + \ldots + (c_N^{N-1})^2].$$

On obtient les $\mathfrak{T}$, ζ qui conviennent au potentiel perturbateur donné $\mathfrak{T}^0$, en prenant

$$A_N = -\left(\frac{4\pi G}{g}\right)^2 \int_{\text{océans}} \left[\frac{g}{4\pi G} \left(\frac{\partial \Pi_N}{\partial r} - \frac{\partial \Phi_N}{\partial r} \right)_R + \Pi_N \right] \mathfrak{T}^0 \sin\theta \, d\theta \, d\alpha,$$

d'où

$$g\zeta^{aq} = \mathfrak{T}^0 + \sum A_N \Pi_N, \qquad r = R.$$

ζ^{aq} donne le soulèvement des mers.

$\mathfrak{T}^0 + \mathfrak{T}^i$ donne *partout* le changement de direction de la verticale dû à l'action totale du potentiel perturbateur $\mathfrak{T}^0$, et de l'attraction du bourrelet marin qu'il soulève.

4. *Globe solide homogène élastique incompressible.* — Je prends l'origine au centre de la sphère R qui limite le globe solide et l'océan dans sa position moyenne. Il faut noter qu'il sera nécessaire de discuter les mouvements du centre de gravité par rapport à cette origine.

Le soulèvement des continents, du fond des mers et de leur surface produit snr toute la surface approximativement sphérique une action purement normale. La déformation de sphères gravitantes homogènes sous pressions normales a été étudiée depuis longtemps. Il est facile d'adapter au cas de l'incompressibilité un résultat donné par Chree en 1883, qui permettra la formation des fonctions dont j'ai besoin.

Sous l'action d'un potentiel newtonien $\mathfrak{T}^0 + \Phi$, et d'une traction radiale $\mathfrak{N}$ par unité de surface, la surface de la sphère solide, de rigidité μ, subit un déplacement radial

$$\zeta = \sum \frac{(2n^2+n)R}{2\mu(n-1)(2n^2+4n+3)} (\rho\varpi_N + \rho\varphi_N + \nu_N)\Sigma_N.$$

développé en fonctions de Legendre et Laplace, en posant

$$\mathfrak{T}^i = \sum \varphi_N \Sigma_N \left(\frac{r}{R}\right)^n \qquad (r < R),$$
$$\mathfrak{N} = \sum \nu_N \Sigma_N \qquad (r = R).$$

Une partie ζ^0 est directement déterminée par le potentiel perturbateur $\mathfrak{T}_0$

$$\zeta^0 = \sum \frac{2n^2+n}{(n-1)(2n^2+4n+3)} \frac{\rho R}{2\mu} \varpi_N \Sigma_N.$$

La force $\mathfrak{N}$ est déterminée par la densité superficielle de l'ensemble des bourrelets

$$\frac{g}{4\pi G}\left(\frac{\partial \Pi}{\partial r} - \frac{\partial \Phi}{\partial r}\right)_R = \mathfrak{N} = \begin{cases} -g(\rho-1)\zeta - g\zeta^{aq} & \text{(océans)}, \\ -g\rho\zeta & \text{(continents)}, \end{cases}$$

ce qui conduit facilement à

$$Z \equiv \zeta - \zeta^0 = \sum K_n \varphi_N \Sigma_N = \sum A\ Z$$

en posant

$$K_n = \frac{2n^2+n}{2\mu(n-1)(2n^2+4n+3)}\left(\rho R - \frac{2n+1}{4\pi G} g\right),$$

et, outre les développements généraux Π, Φ, ζ^{aq} de même forme qu'au n° 3, pour le ζ du solide

$$c_N^N Z_N = c_N^0 Z_0 + c_N^1 Z_1 + \ldots + c_N^{N-1} Z_{N-1} + K_n \Sigma_N.$$

La normalisation s'obtient en déterminant les c_N^M par les formules $(M < N)$:

$$c_N^M = \int_{\text{océans}} \left[g(\rho-1)Z_M + \Pi_M + g\frac{\Pi'_M - \Phi'_M}{4\pi G}\right]\left[\frac{2n+1}{4\pi GR} g - 1 - g(\rho-1)K_n\right] \Sigma_N \sin\theta\, d\theta\, d\alpha$$
$$+ \int_{\text{continents}} \left[g\rho Z_M + g\frac{\Pi'_M - \Phi'_M}{4\pi G}\right]\left[\frac{2n+1}{4\pi GR} g - g\rho K_n\right] \Sigma_N \sin\theta\, d\theta\, d\alpha,$$

$$(c_N^N)^2 = \int_{\text{océans}} \left| \frac{2n+1}{4\pi GR} g - 1 - g(\rho-1)K_n\right]^2 \Sigma_N^2 \sin\theta\, d\theta\, d\alpha$$
$$+ \int_{\text{continents}} \left[\frac{2n+1}{4\pi GR} g - g\rho K_n\right]^s \Sigma_N^2 \sin\theta\, d\theta\, d\alpha$$
$$- [(c_N^0)^2 + (c_N^1)^2 + \ldots + (c_N^{N-1})^2].$$

Pour les A_N qui conviennent au potentiel perturbateur donné $\mathfrak{T}^0$, on a

ensuite

$$A_N = -\int_{\text{océans}} \left[g(\rho-1)Z_N + \Pi_N + g\frac{\Pi'_N - \Phi'_N}{4\pi G} \right] [g(\rho-1)\zeta^0 + \mathfrak{T}^0] \sin\theta\, d\theta\, d\alpha$$
$$+ \int_{\text{continents}} \left[g\rho Z_N + g\frac{\Pi'_N - \Phi'_N}{4\pi G} \right] g\rho\zeta^0 \sin\theta\, d\theta\, d\alpha.$$

Le ζ^{aq} donnera le soulèvement de l'océan, le ζ donne le soulèvement des continents, les $\mathfrak{T}^0 + \mathfrak{T}^i$ donnent le changement de direction de la verticale.

Remarque générale. — L'ensemble des Π_N, Φ_N, ζ^{aq}_N, etc., de même indice N, est toujours applicable à la distribution donnée des océans et des continents. Mais chaque terme N correspond à un potentiel perturbateur $\mathfrak{T}^0_N$ particulier. Les séries correspondent au potentiel perturbateur donné

$$\mathfrak{T}^0 = \sum A_N \mathfrak{T}^0_N.$$

On peut traiter de même le cas d'un globe hétérogène; j'y reviendrai. Les détails de mise en équation, la démonstration des formules et un aperçu de leurs conséquences seront publiés ailleurs.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation du chlorure de glucinium.* Note de MM. **C. Matignon** et **M. Piettre.**

Le chlorure de glucinium est préparé (et c'est ainsi qu'il a été obtenu pour la première fois) par l'action simultanée du chlore et du charbon sur la glucine. Cette méthode générale de préparation, dont le principe a été donné par Œrsted, exige une température élevée.

M. Chauvenet (¹) a montré que l'oxychlorure de carbone transformait la glucine en chlorure dès la température de 450°. L'un de nous avec M. Cathala (²) a étudié la vitesse de cette réaction en fonction de la température.

Nous avons appliqué notre méthode de chloruration par le chlorure de soufre (³) au traitement de la glucine.

Cette méthode, caractérisée par un potentiel de chloruration inférieur à

(¹) *Comptes rendus*, **151**, 1911, p. 387.
(²) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1066.
(³) Matignon et Bourion, *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 631 et 760.

celui de la méthode d'Œrsted, constitue cependant souvent le meilleur mode de préparation des chlorures à partir des oxydes.

Un courant de chlore barbote dans du chlorure de soufre maintenu à l'ébullition, gaz et vapeur se rendent dans un tube en verre pyrex chauffé entre 700 et 800°, la glucine se transforme alors en chlorure qui se volatilise et vient se condenser dans un récipient rodé sur le tube de pyrex. Une partie du chlorure est entraînée sous forme de fumée de sorte que la fraction recueillie ne représente que 60 pour 100 du chlorure effectivement préparé.

Voici par exemple les résultats obtenus dans un des premiers essais : glucine traitée 1g,67; glucine restant après 2 heures et demie de traitement vers 700°, 0g,4; chlorure recueilli 2g,5. Rendement 62 pour 100.

Le chlorure obtenu est très pur comme le montre l'analyse :

	Calculé pour 100.	Trouvé.
Gl....................	11,25	11,33; 11,32

Cette méthode présente l'inconvénient d'être un peu lente. La réaction est en effet assez endothermique, car le glucinium se rapproche beaucoup des métalloïdes, comme l'indique son étude thermochimique, et la transformation de la glucine en chlorure est ainsi rendue plus difficile (1).

Nous nous sommes adressés également, comme agent chlorurant, au tétrachlorure de carbone qui nous a fourni de bons résultats, aussi l'avons-nous utilisé pour préparer des quantités notables de chlorure.

Nous effectuons l'opération dans un tube en porcelaine de 4cm de diamètre, chauffé vers 800°, relié d'un côté à la cornue contenant le chlorure de carbone et de l'autre à un tube de verre de 8cm de diamètre servant de récipient de condensation pour le chlorure de glucinium; des flacons laveurs placés plus loin reçoivent le chlorure de carbone non décomposé.

Toutes les liaisons, établies par rodage, ne font intervenir aucune substance étrangère, caoutchouc, liège ou mastic, susceptible d'apporter des impuretés.

Le chlorure de carbone attaque lentement la porcelaine à la température de réaction, aussi avons-nous remplacé les nacelles de porcelaine contenant la glucine par des nacelles en charbon.

La plus grande partie du chlorure est en fines aiguilles sublimées, une petite portion seulement est à l'état fondu dans la région du récipient de condensation voisine du tube en porcelaine.

(1) C. Matignon et G. Marchal, *Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 167.

Des opérations effectuées vers 800° en utilisant 6g de glucine par opération nous ont permis de recueillir chaque fois à l'état cristallisé de 13 à 16g de chlorure, soit un rendement de 68 à 80 pour 100. La portion complémentaire reste adhérente aux parois des récipients ou s'échappe sous forme de fumées difficiles à récupérer.

La transformation est terminée au bout de 1 heure un quart.

Il n'y a pas intérêt à dépasser la température de 800°, à cause de l'attaque de la porcelaine qui produirait alors du chlorure d'aluminium en quantité non négligeable.

Voici les résultats des analyses de quelques préparations :

	Calculé.	Trouvé.							
Gl.........	11,25	11,29;	11,31;	11,30;	11,36;	11,30;	11,34;	11,31;	11,30

Le trichlorure de phosphore nous a permis également de chlorurer la glucine; la réaction est très lente et exige une température élevée. Après 2 heures et demie de chauffe vers 850°, on n'a pu chlorurer que le dixième de la glucine. Le chlorure obtenu souillé par un peu de trichlorure de phosphore nous a donné les résultats suivants à l'analyse :

	Calculé.	Trouvé.
Gl......................	11,25	10,76

Le perchlorure de phosphore constitue à basse température un excellent agent de chloruration de la glucine, mais la réaction se complique par la formation de combinaisons de chlorure de glucinium avec le perchlorure et l'oxychlorure de phosphore.

MÉCANIQUE. — *Remarque au sujet de la Note de M. Sugot, du 28 février 1927, sur l'intégration des équations différentielles du mouvement gyroscopique d'un projectile.* Note (1) de M. **de Sparre.**

M. Sugot étudie cette question en négligeant, pendant les premiers instants du mouvement, l'influence de l'abaissement de la tangente. Or ainsi que je l'ai montré dans mon Mémoire, présenté le 9 décembre 1903 à l'Académie de Stockholm par MM. Mittag-Leffler et Phragmen, l'influence de cet abaissement est prépondérant, même pendant les premiers instants du mouvement.

(1) Séance du 12 mars 1927.

En effet, si l'on désigne par ν l'angle du plan vertical passant par l'axe de figure avec le plan passant par la tangente et l'axe de figure, j'ai fait voir que l'on a (¹)

$$\delta \cos\nu = \frac{g\cos\theta_0}{2\lambda v_0\sqrt{\xi_0\xi}}\left[\frac{1+\xi_0}{1-\xi_0}\sin\lambda(t-u) - \frac{1-\xi_0}{1+\xi_0}\sin\lambda(t+u)\right],$$

$$\delta \sin\nu = \frac{2g\cos\theta}{\lambda(1-\xi_0^2)}\,\frac{\varphi(v_0)}{v\varphi(v)} - \frac{g\cos\theta_0}{2\lambda v_0\sqrt{\xi_0\xi}}\left[\frac{1+\xi_0}{1-\xi_0}\cos\lambda(t-u) - \frac{1-\xi_0}{1+\xi_0}\cos\lambda(t+u)\right],$$

où, en adoptant les notations de M. Sugot, on a

$$\lambda = \frac{A\omega}{2B}, \qquad \xi_0 = \sqrt{1-\frac{4MB}{A^2\omega^2}}, \qquad \xi = \sqrt{1-\frac{4MB}{A^2\omega^2}\,\frac{\varphi(v)}{\varphi(v_0)}}, \qquad u = \int_0^t \xi\,dt,$$

et où de plus θ désigne l'inclinaison de la tangente, v la vitesse, $\pi R^2\varphi(v)$ la pression dynamique sur l'avant du projectile, R étant son rayon (²).

S'il s'agit alors de projectiles animés de grande vitesse initiale, cette vitesse décroît rapidement, pendant les premiers instants, et dans l'expression de $\delta\sin\nu$, le premier terme devient rapidement prépondérant à cause du facteur $\frac{\varphi(v_0)}{v\varphi(v)}$ qui croît très rapidement.

Dans le cas de projectiles animés de faible vitesse initiale, θ décroît rapidement et c'est la croissance de $\cos\theta$ qui assure encore la prépondérance du premier terme dans l'expression de $\delta\sin\nu$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dédoublement catalytique de l'acide formique.* Note de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

I. Ainsi que je l'ai exposé (³), la déshydratation catalytique des alcools forméniques et aromatiques, à l'état liquide, par l'acide sulfurique fournit,

---

(¹) En négligeant, ainsi que le fait M. Sugot, les forces d'amortissement supposant le départ absolument régulier et que l'angle δ de la tangente avec l'axe de figure reste assez petit pour que l'on puisse négliger partout les termes de l'ordre de δ^2.

(²) Dans mon Mémoire publié en 1911 dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, j'ai donné les formules pour le cas où δ_0 n'est pas nul et où p_0 et q_0 ont des valeurs quelconques, telles toutefois que l'on puisse négliger les termes de l'ordre de δ^2; le projectile n'étant, de plus, pas parfait.

(³) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1412; **179**, 1924, p. 1015; **181**, 1925, p. 698; **182**, 1926, p. 627; *Ann. de Chim.*, 9ᵉ série, **18**, septembre-octobre 1922, p. 117.

suivant les conditions où l'on se place, des oléfines (*a*) ou des éthers-oxydes (*b*) :

$$(a) \qquad ROH = H^2O + R{-}H,$$
$$(b) \qquad 2ROH = H^2O + ROR.$$

La catalyse des alcools par voie sèche, autrement dit des alcools à l'état de vapeurs, conduit aux mêmes résultats [1]; mais, cette catalyse par voie sèche s'applique aussi aux acides organiques pour donner des cétones [2] :

$$2RCOOH = RCOR + CO^2 + H^2O.$$

Avec l'acide formique on obtient l'aldéhyde [3]

$$2HCOOH = HCOH + CO^2 + H^2O.$$

J'ai été ainsi amené à expérimenter la catalyse des acides organiques par voie humide. Les expériences ont porté sur les acides gras et aromatiques : je me bornerai, dans cette Note, au premier des acides forméniques, qui a d'ailleurs une allure spéciale, l'acide formique.

II. On sait que, dès la température de 260°, l'acide formique se décompose en eau et oxyde de carbone (Berthelot) :

$$HCOOH = H^2O + CO.$$

L'acide sulfurique favorise ce dédoublement, et, c'est en *chauffant* l'acide formique avec l'acide sulfurique concentré que l'oxyde de carbone se prépare dans les laboratoires.

J'ai constaté que le *chauffage est inutile*, si l'acide sulfurique est employé en grand excès. C'est ainsi que le mélange de 1^{vol} d'acide formique et de 6^{vol} d'acide sulfurique 66° B. donne dès la température de 15° un dégagement régulier de gaz qui devient abondant à 25°, et tumultueux vers 40°.

Il m'a semblé que cette réaction ne trouvait pas une explication suffisante dans une simple absorption d'eau par l'acide sulfurique et que celui-ci devait agir catalytiquement, comme dans le cas de la déshydratation des alcools.

J'ai donc employé l'acide sulfurique en petite quantité par rapport à

---

(1) J.-B. SENDERENS, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, **28**, avril 1913, p. 243.

(2) J.-B. SENDERENS, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, **25**, février 1912, p. 449.

(3) J.-B. SENDERENS, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **5**, 1909, p. 482; *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 929.

l'acide formique : 1^{vol} du premier, soit 5^{cm^3} pour 20^{vol} du second, soit 100^{cm^3} de HCO^2H.

Le gaz a commencé à se dégager à la température de 87° avec une vitesse par minute de 8^{cm^3} à 87°, 10^{cm^3} à 90°, 32^{cm^3} à 95°, 40^{cm^3} à 100°.

La réaction catalytique est encore plus manifeste dans une seconde expérience faite avec l'acide à 66° B. étendu de deux fois son volume d'eau et correspondant à l'hydrate $SO^4H^2 + 6H^2O$. Le mélange de 10^{cm^3} de cet hydrate avec 100^{cm^3} d'acide formique dégage du gaz dès 95°, mais sa vitesse est beaucoup moindre qu'avec 5^{cm^3} d'acide sulfurique à 66° B.

La nature du gaz est toujours la même; c'est de l'oxyde de carbone pur à l'exclusion de CO^2. Il ne se formerait donc pas d'aldéhyde, comme d'ailleurs le réactif de Schiff a permis de m'en assurer.

III. J'avais reconnu que la déshydratation des alcools par voie humide était obtenue ou favorisée par l'emploi de certaines substances jouant le rôle de catalyseurs, telles que le sulfate d'alumine anhydre, le bisulfate de potassium, l'acide orthophosphorique ([1]).

Le *sulfate d'alumine anhydre*, mêlé dans la proportion de 5 pour 100 aux acides organiques, ne détermine pas leur dédoublement, mais il intervient comme adjuvant de l'acide sulfurique. C'est ainsi que, dans le mélange de 100^{cm^3} d'acide formique et de 10^{cm^3} de l'hydrate $SO^4H^2 + 6H^2O$, le dégagement gazeux est notablement augmenté par l'addition de 5 pour 100 de sulfate d'alumine anhydre.

Le *bisulfate de potassium*, au contraire, dédouble nettement l'acide formique en CO et H^2O. La réaction est catalytique, car elle se produit par l'ébullition modérée de l'acide formique avec le dixième de son poids de bisulfate et elle n'augmente guère en triplant cette proportion. Le dégagement gazeux est assez faible, de l'ordre de celui qu'on observe avec l'hydrate $SO^4H^2 + 6H^2O$ au voisinage de 100°.

Avec l'acide *orthophosphorique*, employé dans la proportion de 3^{vol} pour 1^{vol} d'acide formique, le dédoublement de ce dernier acide est plus marqué qu'avec le bisulfate de potassium, mais moins rapide que dans le cas cité plus haut de 1^{vol} d'acide sulfurique, 66° B., pour 20^{vol} d'acide formique. Ce dédoublement se produit encore, quoique très lent, avec l'hydrate

$$PO^4H^3 + 3H^2O.$$

IV. Il résulte de ce qui précède que l'action catalytique de l'acide sulfu-

---

([1]) J.-B. SENDERENS, *Ann. Chim.*, 9e série, **18**, septembre-octobre 1922, p. 117.

rique, du bisulfate de potassium et de l'acide orthophosphorique est donnée par l'équation

$$HCOOH = H^2O + CO.$$

Elle ressemble à la catalyse du même acide formique par voie sèche au moyen de l'alumine qui donne le même dédoublement ([1]), contrairement aux résultats annoncés par Wercott et Engelder ([2]) d'après lesquels l'alumine décomposerait entre 200° et 500° l'acide formique en donnant H^2O, H^2, CO^2, et HCHO.

Avec la thorine j'ai montré que les choses se passent autrement ([3]). De même que pour l'alumine la réaction commence vers 200°, mais elle fournit toujours une forte proportion de CO^2, sans H^2, ce qui indique la production d'aldéhyde formique qui atteint son maximum vers 250°.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccination préventive de l'homme contre le typhus exanthématique par emploi de petites doses virulentes répétées (cerveau de cobaye).* Note de MM. **Charles Nicolle**, **H. Sparrow** et **E. Conseil**.

Si le typhus disparaît un jour, ce sera celui où les progrès de la civilisation auront fait disparaître le pou. Ce jour est lointain. Avant qu'il soit arrivé, si jamais il arrive, le typhus, refoulé dans ses foyers historiques, continuera de frapper les populations indigènes et, à leur contact, les civilisés que les nécessités sociales ou bien un devoir humanitaire rapprochent de ces malheureux. Un procédé de vaccination qui assurerait la protection de ces victimes désignées d'une contagion si grave, qui pourrait être étendu progressivement aux populations arriérées elles-mêmes, sauverait bien des existences.

Nous avons montré que cette protection pouvait être assurée par l'inoculation du sérum de convalescents de typhus aux personnes trouvées porteuses de poux après leur contact avec des malades et, ce sérum ne pouvant être recueilli qu'en faible quantité et au cours d'épidémies, nous avons dit

---

([1]) J.-B. Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **28**, février 1913, p. 243, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **5**, 1909, p. 483.

([2]) *Chemistry*, 30, 1926, p. 475.

([3]) J.-B. Senderens, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **5**, 1906, p. 483, et *Ann. Chim. et Phys.*, 8e série, **28**, février 1913, p. 243.

notre espoir d'aboutir à la préparation d'un sérum d'animal de forte taille, convalescent de typhus expérimental. Cet espoir se confirme, sans que nous puissions encore donner la technique définitive qui permettra de l'obtenir de façon régulière, constante.

Parallèlement à ces recherches, nous en avons mené d'autres dans le but d'arriver à la vaccination par le virus lui-même. La sensibilité de l'homme au typhus est si grande qu'on n'y peut parvenir que par l'emploi de toutes petites doses, qu'il faut répéter.

Jusqu'à présent, nous nous étions adressés, comme virus, au sang des malades ou des cobayes infectés. Le sang est irrégulièrement actif; sa virulence n'est pas dosable. Nous lui avons substitué le cerveau. L'unité virulente, avec le cerveau des cobayes infectés par notre virus actuel, c'est-à-dire la dose *minima* virulente pour le cobaye (et par voie péritonéale), est de $\frac{1}{5000}$ du poids de l'organe (cobaye adulte, poids du cerveau $3^g,50$).

Nous sommes parvenus à vacciner deux sujets en les soumettant aux séries d'inoculations suivantes :

Première série. — Six jours, une inoculation par jour et sous la peau de ces doses successives de virus : une demi-dose, une demi-dose, une dose, une dose, une dose (les quatre premiers jours, le produit employé avait été laissé au préalable pendant 24 heures à la glacière).

Deuxième série. — Après un intervalle de 28 heures. Quatre inoculations, une par jour de : deux doses, trois doses, deux doses, deux doses (les deux premières inoculations après séjour du produit 24 heures à la glacière).

Troisième série. — Après un intervalle de deux mois et demi. Quatre inoculations, une par jour avec chaque fois six doses (les deux premières fois, séjour préalable du produit à la glacière).

Au total, les deux sujets avaient reçu 38 *doses virulentes* (dont 20 atténuées par un séjour au froid), lorsqu'on les soumet, deux mois et demi après la dernière innoculation, à une épreuve sévère. *Ils reçoivent,* en effet, sous la peau 20 *doses virulentes* fraîches, c'est-à-dire de quoi donner le typhus fébrile à 20 cobayes (le cobaye est moins sensible que l'homme). Les deux sujets ont résisté. Leur sang, inoculé à des cobayes le onzième jour, n'a pas infecté ces animaux, ce qui montre que les sujets n'ont même point présenté de typhus inapparent.

On avait eu soin, dans toutes ces expériences, de prendre des cobayes indicateurs de la virulence du produit inoculé. Tous ces témoins se sont infectés. D'autre part, en suivant la même méthode que pour l'homme, on a pu parvenir aussi à la vaccination de cobayes.

De tels résultats indiquent que la méthode de vaccination préventive par emploi de petites doses répétées de virus est réalisable et qu'elle peut, dès à présent, entrer en pratique. La seule objection qu'on pourrait lui faire est le temps qu'elle demande. Fût-il obligatoire, il ne constituerait pas un obstacle, surtout à la vaccination du personnel médical et infirmier. Nous avons la conviction que cette durée pourra être sensiblement diminuée. Si nous avons usé d'un temps si long, c'est que, dans des essais aussi graves, la plus grande prudence s'imposait. Nos recherches actuelles visent à la diminution de ce temps.

M. **J. Hadamard** fait hommage à l'Académie du tome premier, second fascicule, de son *Cours d'Analyse*, professé à l'*École Polytechnique*.

M. **de Sparre** fait hommage à l'Académie d'une Note intitulée *Détermination du coefficient d'élasticité du ciment ou du béton au moyen de la vitesse de propagation du coup de bélier dans les conduites*.

CORRESPONDANCE.

Le **Président de la commission des congrès scientifiques**, organisés à l'occasion du centenaire de la mort de *Alessandro Volta*, invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès international des physiciens* qui se tiendra à Côme et à Rome, à partir du 8 septembre prochain.

L'**Université de Toronto** invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes de son *Centenaire* qui auront lieu du 6 au 8 octobre 1927.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Naturvetenskapens matematiska principer av Isaac Newton. Livre premier, traduction suédoise de C.-V.-L. Charlier. Appendice : *Notes analytiques sur les* Principia *de Newton*, par C.-V.-L. Charlier.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les géodésiques des espaces de groupes simples.* Note de M. E. CARTAN.

I. L'espace représentatif $\mathcal{E}_r$ des transformations d'un groupe continu simple G à r paramètres réels est un espace de Riemann ([1]). Son ds^2 est défini positif si, abstraction faite des cas exceptionnels, le groupe est isomorphe :

A, au groupe continu linéaire d'une forme d'Hermite définie;

B, D, au groupe continu linéaire d'une forme quadratique (réelle) définie (à un nombre impair ou pair de variables);

C, au groupe continu linéaire d'une forme d'Hermite définie et d'une forme quadratique extérieure.

Tous ces espaces sont à courbure riemannienne partout positive ou nulle. Ils peuvent admettre plusieurs *formes* distinctes, dont l'une est simplement connexe ([2]). Dans ce dernier cas ils admettent un nombre pair (2, 4 ou 12) ([3]) de familles continues à $2r$ paramètres de transformations isométriques. Le groupe des rotations autour d'un point (groupe d'isotropie) n'est autre que le groupe adjoint de G.

II. La distribution des géodésiques dans un espace de groupe simple, que nous supposerons pris sous sa forme simplement connexe, présente des particularités remarquables. Nous laisserons de côté le cas du groupe à 3 paramètres, qui fournit l'espace sphérique à trois dimensions.

([1]) E. CARTAN and J. A. SCHOUTEN, *On the Geometry of the Group-manifold of simple and semi-simple Groups* (*Proc. Akad. Amsterdam*, 29, 1926, p. 803-815). — Cf. E. CARTAN, *La Géométrie des groupes de transformations* (*Journal Math.*, 6, 1927, p. 1-119).

([2]) Cela résulte des recherches de H. WEYL : *Theorie der Darstellung kontinuierlicher halb-einfacher Gruppen durch lineare Transformationen* (*Math. Zeitschr.*, 23, 1925, p. 271-309; 24, 1925, p. 328-395). En combinant les résultats de H. Weyl avec ceux de mon article *Sur les tenseurs irréductibles et les groupes linéaires simples et semi-simples* (*Bull. Sc. math.*, 2e série, 49, 1925, p. 130-152), on peut démontrer que la forme simplement connexe peut toujours être obtenue en partant d'un groupe linéaire, irréductible ou non, convenablement choisi; le nombre des formes non simplement connexes dépend de l'entier désigné par k dans l'article cité.

([3]) Ce nombre est le double du nombre des familles continues du groupe adjoint; je l'ai déterminé dans mon article : *Le principe de dualité et la théorie des groupes simples et semi-simples* (*Bull. Sc. math.*, 2e série. 49, 1925, p. 361-374).

Toute direction *générale* issue d'un point O de l'espace est invariante par un sous-groupe γ à l paramètres (l étant le *rang* de G) du groupe des rotations; γ laisse invariante en même temps toute une variété à l dimensions E_l totalement géodésique et localement euclidienne; E_l est une *forme de Clifford* de l'espace euclidien à l dimensions, sur lequel elle se développe suivant un réseau de parallélépipèdes. Tout point A de E_l peut être joint à O par une infinité dénombrable de géodésiques tout entières situées dans E_l. Celles dont les paramètres directeurs en O sont rationnels sont fermées.

Un point A de l'espace $\mathcal{E}_c$ peut se trouver dans une infinité de variétés E_l. D'une manière générale, si A est invariant par un sous-groupe g_λ du groupe des rotations autour de O, et si la direction en O d'une géodésique joignant O à A est invariante par un sous-groupe $g_\mu (\mu < \lambda)$ de g_λ, cette géodésique fait partie d'une variété continue à $\lambda - \mu + 1$ dimensions, obtenue en lui appliquant toutes les rotations de g_λ.

III. Il y a lieu d'après cela de distinguer parmi les points A :

1° Ceux qui ne peuvent être joints à O que par des géodésiques *isolées* (cas général);

2° Ceux qui peuvent être joints à O à la fois par des géodésiques isolées et par des géodésiques non isolées;

3° Ceux qui ne peuvent être joints à O par aucune géodésique isolée; toutes les géodésiques OA sont alors fermées.

Les points A de la troisième classe se distribuent en l variétés distinctes, qu'on peut appeler *antipodiques* de O, et dont certaines peuvent se réduire à un point (*point antipode*). Toute variété euclidienne E_l coupe chacune des variétés antipodiques en un nombre fini de points.

Il peut exister (type A et type D de rang impair) des géodésiques fermées ne rencontrant aucune variété antipodique. Si l'on en fait abstraction, les géodésiques fermées *orientées* se partagent en l catégories, suivant la première variété antipodique qu'elles rencontrent en partant de O (et qui détermine toutes les autres, quand il y en a d'autres).

Dans le cas des types B et C, il existe un point antipode et un seul; chaque géodésique fermée rencontre, dans le cas du type C, une variété antipodique et une seule.

Dans le cas du type A, il existe l points antipodes $O_1, O_2, \ldots, O_l$; la géodésique fermée qui commence par rencontrer O_i rencontre ensuite successivement $O_{2i}, O_{3i}, \ldots$ (l'indice inférieur doit être remplacé par le reste de sa division par $l+1$).

Le type D donne des résultats analogues; O admet alors trois points antipodes; ils peuvent être tous les trois sur une même géodésique si l est impair.

IV. Les systèmes matériels représentables sur un des espaces $\mathcal{E}_r$ $\left(\text{la force vive étant } \frac{ds^2}{dt^2}\right)$ jouissent de propriétés remarquables. Leurs mouvements spontanés correspondent aux géodésiques de $\mathcal{E}_r$, leurs mouvements périodiques aux géodésiques fermées. Ils admettent des *caractéristiques des vitesses* (¹) p_i telles que les équations du mouvement se réduisent à $\frac{dp_i}{dt} = 0$ (²), et ce sont essentiellement les seuls systèmes (³) qui jouissent de cette propriété.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance du dénominateur* D(λ) *de Fredholm.* Note de M. **S. A. Gheorghiu**, présentée par M. Hadamard.

Considérons les équations — en nombre fini — de Fredholm :

$$\varphi_i(x) = \lambda \int_a^b \mathrm{K}_i(x, s)\, \varphi(s)\, ds + f_i(x) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

dont les noyaux $\mathrm{K}_i(x, s)$ sont supposés réels et continus à l'intérieur et sur le contour du carré $a \leqq x \leqq h$, $a \leqq s \leqq b$. Nous dirons que le noyau $\mathrm{K}(x, s)$ est d'ordre — réel ou apparent — σ si le dénominateur D(λ) correspondant à ce noyau est d'ordre — réel ou apparent — σ.

Posons

$$\mathrm{G}(x, s) = \int_a^b \ldots \int_a^b \mathrm{K}_1(x, s_1)\, \mathrm{K}_2(s_1, s_2) \ldots \mathrm{K}_n(s_{n-1}, s)\, ds_1\, ds_2 \ldots ds_{n-1} \qquad (n \geqq 2),$$

et soit σ l'ordre apparent du noyau G(x, s). *On a*

$$\sigma \leqq \frac{2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \ldots + \frac{1}{\alpha_n}}, \tag{1}$$

(¹) Voir V. Volterra, *Atti Acc. Torino*, 33, 1897, p. 451-475.

(²) Cf. Georg Hamel, *Die Lagrange-Euler'schen Gleichungen der Mechanik* (*Zeitschr. f. Math. u. Ph.*, 50, 1904, p. 1-57).

(³) A une exception près, comme cela résulte virtuellement de la Note de E. Cartan and J.-A. Schouten, *On Riemannian Geometries admitting an absolute parallelism* (*Proc. Akad. Amsterdam*, 29, 1926, p. 933-946).

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ *étant les ordres des noyaux de Schmidt relatifs respectivement aux noyaux* $K_1(x, s), K_2(x, s), \ldots, K_n(x, s)$.

Nous avons démontré cette inégalité, en partant de l'expression donnée, par M. Carleman (1), pour le dénominateur $D(\lambda)$ relatif au noyau $G(x, s)$, en appliquant l'inégalité de Schwartz et en tenant compte d'une identité, due à M. Landsberg (2).

Les noyaux de M. Schmidt étant symétriques, positifs et dans nos énoncés supposés continus, il résulte des travaux de M. Mercer (3) que ces noyaux sont au plus d'ordre 1 par excès. Nous avons déduit que :

Pour tout noyau $G(x, s)$, *obtenu par la composition d'un nombre fini de noyaux continus, l'ordre réel est égal à l'ordre apparent.*

Ce théorème est évident pour $n \geq 3$. Nous avons démontré qu'il est vrai aussi pour $n = 2$ et $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$.

Considérons maintenant un seul noyau continu et réel $K(x, s)$. On sait que sa déterminante $D(\lambda)$ est de la forme

$$D(\lambda) = e^{a\lambda + b\lambda^2} \prod_{i=1}^{\infty} \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_i}\right) e^{\frac{\lambda}{\lambda_i}}.$$

Nous avons retrouvé un théorème démontré par M. Carleman (4), savoir :

Pour tout noyau continu et réel on a $b = 0$.

On obtient ce résultat, en posant

$$K(x, s) = K_1(x, s) = K_2(x, s) \qquad (n = 2).$$

en reprenant les mêmes raisonnements que plus haut, et en utilisant un théorème de M. Schur (5), ainsi qu'un théorème de M. Hadamard (6), complété par M. Lindelöf (7).

Nous avons démontré aussi que :

L'ordre réel d'un noyau continu est inférieur ou égal au double de l'ordre des noyaux de Schmidt rélatifs à ce noyau.

---

(1) Voir T. Carleman, *Mathematische Zeitschrift*, 9, 1921, p. 213.

(2) Voir G. Landsberg, *Mathematische Annalen*, 69, 1910, p. 231.

(3) Voir Mercer, *Philosophical Transactions*, London, 209, A, 1909, p. 415.

(4) Voir T. Carleman, *Arkiv för matematik, astr. och fysik*, 12, 1917, n° 15.

(5) Voir P. Schur, *Mathematische Annalen*, 66, 1907, p. 488 et suiv.

(6) Voir J. Hadamard, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, 9, 1893, p. 204-208.

(7) Voir E. Lindelöf, *Acta Societatis Scientiarum Fennicae*, 31, 1902, p. 11.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un problème relatif à la théorie des équations aux dérivées partielles du second ordre à caractéristiques réelles.* Note de M. **D. V. Jonesco**, présentée par M. Hadamard.

Considérons l'équation aux dérivées partielles à caractéristiques réelles

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = a(xy)z + b(xy)\frac{\partial z}{\partial x} + c(xy)\frac{\partial z}{\partial y} + f(xy),$$

et les droites OI et OJ dont les équations sont $Y = \alpha X$ et $X = \beta Y$. La première est la plus approchée de Ox, la seconde la plus approchée de Oy.

1. Je me suis proposé de trouver l'intégrale régulière de l'équation (1), nulle à l'origine et qui satisfait sur les droites OI et OJ aux conditions suivantes :

$$(2) \qquad \begin{cases} \left(\dfrac{\partial z}{\partial x}\right)_A = \alpha\omega(x)\left(\dfrac{\partial z}{\partial y}\right)_A + a(x)z_A, \\ \left(\dfrac{\partial z}{\partial y}\right)_B = \beta\pi(y)\left(\dfrac{\partial z}{\partial x}\right)_B + b(y)z_B; \end{cases}$$

où A est un point de la droite OI correspondant à l'abscisse x et B un point de la droite OJ correspondant à l'ordonnée y.

2. On suppose : 1° que dans la région R limitée par les droites $Y = \alpha X$, $X = \beta Y$, $Y = d$, $Y = d'$, les fonctions $a(xy)$, $b(xy)$, $c(xy)$, $f(xy)$ sont toutes continues; 2° que pour

$$(3) \qquad 0 \leqq x \leqq d\alpha, \qquad 0 \leqq y \leqq d'\beta,$$

les fonctions $a(x)$, $b(y)$, $\omega(x)$, $\pi(y)$ sont continues, les deux dernières ayant aussi des dérivées continues; et 3° que dans les intervalles (3), on a

$$|\omega(x)| < e^{\omega x}, \qquad |\pi(y)| < e^{\pi y}, \qquad \left|\frac{\omega'(x)}{\omega(x)}\right| < \omega, \qquad \left|\frac{\pi'(y)}{\pi(y)}\right| < \pi.$$

Avec ces hypothèses, j'ai démontré que l'équation (1) admet une intégrale régulière satisfaisant aux conditions (2), valable dans toute la région R.

Je vais indiquer brièvement la démonstration de ce théorème.

3. L'intégrale de l'équation

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} = F(x, y),$$

correspondant à notre problème que nous nous sommes posé, est donnée

par la formule

$$z(xy) = \zeta(xy) + \varphi(x) + \psi(y). \tag{5}$$

Nous avons pris pour $\zeta(xy)$, l'intégrale de l'équatiou (4) correspondant aux conditions de M. Goursat (z nulle le long de OI et de OJ). $\varphi(x)$ et $\psi(y)$ sont données par le système d'équations fonctionnelles

$$\begin{cases} \varphi'(x) = \alpha\,\omega(x)\,\psi'(\alpha x) + a(x)[\varphi(x) + \psi(\alpha x)] - [1 + \omega(x)]\,\lambda(x), \\ \psi'(y) = \beta\,\pi(y)\,\varphi'(\beta y) + b(y)[\varphi(\beta y) + \psi(y)] - [1 + \pi(y)]\,\mu(y). \end{cases} \tag{6}$$

où

$$\lambda(x) = \left(\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right)_{\substack{x=x \\ y=\alpha x}}, \qquad \mu(y) = \left(\frac{\partial\zeta}{\partial y}\right)_{\substack{x=\beta y \\ y=y}}. \tag{7}$$

En éliminant $\psi(y)$ entre les équations (6), on trouve pour $\varphi(x)$ l'équation fonctionnelle

$$\varphi(x) = \mathrm{P}(x)\,\varphi(\gamma x) + \int_0^x \mathrm{A}(xt)\,\varphi(\gamma t)\,dt + \mathrm{U}(x) \tag{8}$$

avec

$$\begin{cases} \mathrm{U}(x) = \int_0^x \mathrm{A}_1(xt)\,\lambda(t)\,dt + \int_0^x \mathrm{A}_2(xt)\,\mu(\alpha t)\,dt, \\ \mathrm{P}(x) = \omega(x)\,\pi(\alpha x), \qquad \gamma = \alpha\beta < 1. \end{cases} \tag{9}$$

$\mathrm{A}(xt)$, $\mathrm{A}_1(xt)$, $\mathrm{A}_2(xt)$ ne dépendent que de $a(x)$, $b(y)$, $\omega(x)$ et $\pi(y)$.

Pour $\psi(y)$ on trouve une équation fonctionnelle du même type.

4. D'après les hypothèses faites au n° 2, $\mathrm{P}(x)$ et $\mathrm{A}(xt)$ sont des fonctions continues ayant des dérivées continues par rapport à x. En plus, on a

$$|\mathrm{P}(x)| < e^{\Omega x}, \qquad \left|\frac{\mathrm{P}'(x)}{\mathrm{P}(x)}\right| < \Omega.$$

Si l'on suppose que $\mathrm{U}(x)$ est une fonction continue ayant une dérivée continue et que

$$|\mathrm{U}(x)| < \mathrm{H}\frac{x^m}{m!}, \qquad |\mathrm{U}'(x)| < \mathrm{H}'\frac{x^{m-1}}{(m-1)!} \qquad (m \geqq 2) \tag{10}$$

on démontre que l'équation (8) a une solution continue ayant une dérivée continue et qu'on a

$$|\varphi(x)| < \mathrm{H}_1\frac{x^m}{m!}, \qquad |\varphi'(x)| < \mathrm{H}'_1\frac{x^{m-1}}{(m-1)!}. \tag{11}$$

5. J'ai démontré que si dans la région R, $\mathrm{F}(xy)$ reste en valeur absolue

moindre que F, on a dans la région R

$$(12)\qquad |\zeta(xy)| < F\frac{1+\gamma}{1-\gamma^2}xy,\qquad \left|\frac{\partial\zeta}{\partial x}\right| < Fy,\qquad \left|\frac{\partial\zeta}{\partial y}\right| < Fx$$

et que si dans la région R on a

$$(13)\qquad |F(xy)| < L\frac{(x+y)^p}{p!}$$

on a

$$(14)\qquad \begin{cases} |\zeta(xy)| < \dfrac{L(1+\gamma)}{1-\gamma^{p+2}}\dfrac{(x+y)^{p+2}}{(p+2)!}, \\ \left|\dfrac{\partial\zeta}{\partial x}\right| < \dfrac{L(1+\alpha)(1+\gamma)}{1-\gamma^{p+2}}\dfrac{(x+y)^{p+1}}{(p+1)!}, \\ \left|\dfrac{\partial\zeta}{\partial y}\right| < \dfrac{L(1+\beta)(1+\gamma)}{1-\gamma^{p+2}}\dfrac{(x+y)^{p+1}}{(p+1)!} \end{cases} \quad [1].$$

Les résultats nécessaires pour la démonstration du problème que nous nous sommes posé au n° 2 découlent des considérations précédentes.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence de la température de trempe sur les déformations des cylindres d'acier.* Note [2] de MM. **Albert Portevin** et **André Sourdillon**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les déformations ou modifications des dimensions accompagnant la trempe sont une des principales causes des difficultés et des rebuts dans la pratique de cette opération. Leur étude est encore plus complexe que celle des phénomènes de trempe proprement dits, c'est-à-dire des modifications de la constitution, de la structure et des propriétés spécifiques.

Ces dernières dépendent en effet de la vitesse ou, plus exactement, de la loi de refroidissement $f(\theta, t) = 0$ en chaque point de coordonnées x, y, z, quelles que soient les fonctions analogues relatives aux autres points de la pièce; au contraire, les déformations de trempe dépendent du gradient de température ou, plus exactement, de la distribution spatiale de la température $F(\theta, x, y, z) = 0$ et de sa variation dans le temps t. De sorte que les déformations de trempe dépendent, non seulement de toutes les

(1) On trouvera la démonstration de ces inégalités dans un travail intitulé *Sur une classe d'équations fonctionnelles*, qui paraîtra prochainement.

(2) Séance du 28 mars 1927.

variables conditionnant les phénomènes de trempe, mais en outre de la forme et des dimensions de la pièce, ce qui complique singulièrement le problème.

Dans une Note précédente, l'un de nous [1] avait signalé l'influence de divers facteurs sur les variations de capacité accompagnant les traitements thermiques de corps creux en acier; nous avons entrepris l'étude des variations de dimensions par trempe de cylindres d'acier et nous signalerons ici quelques résultats relatifs à l'influence de la température d'immersion et du rapport $\frac{\text{longueur}}{\text{diamètre}}$.

Les mesures étant faites au comparateur donnant le $0^{mm},001$, après avoir pris toutes les précautions pour éviter l'oxydation des surfaces au chauffage.

Tous les échantillons avaient subi préalablement un recuit identique.

Pour caractériser la forme prise après trempe, les longueurs étaient déterminées sur quatre génératrices repérées du cylindre et les diamètres mesurés sur trois sections droites différentes (une au milieu et deux vers les extrémités) en des points repérés de ces sections; les diamètres correspondants faisant entre eux des angles de 40 grades.

1° *Influence de la température d'immersion.* — Prenons par exemple des cylindres allongés, de 125^{mm} de longueur et 25^{mm} de diamètre en acier demi-dur ($C = 0,42$ pour 100; $Mn = 0,90$ pour 100).

La figure donne, en fonction de la température d'immersion dans l'eau, les variations moyennes de la longueur et du diamètre de la section médiane. Ces deux dimensions éprouvent des variations de sens inverses; il existe deux températures θ_1 et θ_2 correspondant à l'invariance de la longueur (points L_1 et L_2) et entre lesquelles il y a raccourcissement; la première θ_1 marque également l'invariance du diamètre (point D_1) et il y a une deuxième température θ'_2 d'invariance du diamètre (point D_2) en général différente de θ_2 par suite du changement de volume spécifique accompagnant la trempe.

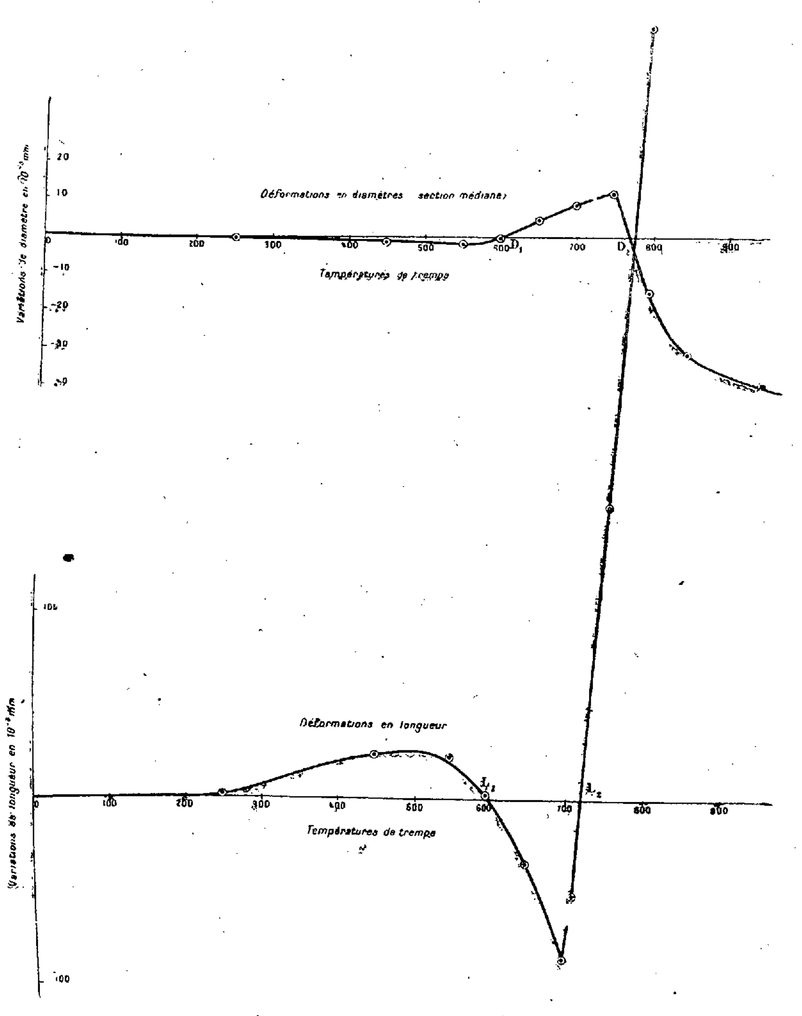
Pour les aciers à grande vitesse critique de trempe, tels que les aciers au carbone extra-doux et doux, l'allure des courbes est la même. Pour les aciers plus trempants, on constate, dans la région des états trempés, un rebroussement de la courbe, conduisant, aux températures élevées (hypertrempe), à une nouvelle zone de raccourcissement. Il y a alors trois températures d'invariance de longueur.

2° *Influence du rapport* $\frac{\text{longueur}}{\text{diamètre}}$. — En faisant varier la longueur des

---

[1] A. PORTEVIN, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 897.

cylindres, à égalité de diamètre, on a constaté que les déformations des cylindres longs $\left(\frac{L}{D} > 1\right)$ sont de sens inverse de celles des cylindres courts



ou disques $\left(\frac{L}{D} < 1\right)$; de sorte que, pour ces derniers, l'allure des variations des dimensions est celle des courbes de la figure 1 en remplaçant diamètre par longueur et réciproquement. On peut dire que les plus grandes dimensions éprouvent, en fonction de la température, des variations analogues.

Dans les déformations de trempe, il y a superposition de deux phénomènes :

1° Un phénomène banal résultant du jeu des inégales contractions lors du refroidissement d'une masse en condition non isotherme.

2° Le phénomène de trempe proprement dit, formation de martensite ou d'austénite.

Aux températures d'immersion inférieures à la température critique de trempe, le phénomène banal existe seul, et détermine un acheminement général vers la forme sphérique; aux températures plus élevées, la trempe martensitique avec diminution de densité agit en sens inverse.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Sur la répartition des courants de Foucault dans un disque métallique soumis à l'action du pôle inducteur de section circulaire, mais excentré par rapport au disque.* Note de M. **Barbillion**, transmise par M. André Blondel.

Tous les traités classiques d'Électrotechnique comportent l'étude du développement des courants de Foucault dans un disque métallique soumis à l'action inductive d'un tel pôle, mais celui-ci étant centré sur le disque. Dans ce qui suit, nous étudierons le mécanisme du développement des courants de Foucault dans un tel disque, lorsque le pôle inducteur est excentré par rapport à ce disque.

Soient R le rayon du disque; R′ celui de la section du pôle; a la distance des deux centres. Les courants de Foucault se développeront, par raison de symétrie et suivant l'*hypothèse la plus simple, qui doit donc d'abord être retenue*, suivant des anneaux de centres situés sur la ligne des centres du disque et du petit cercle. Cependant, comme les segments interceptés entre les deux circonférences de rayons R et R′ seront différents suivant l'orientation α du rayon vecteur tournant autour du centre de l'un de ces cercles, les maximum et minimum des segments interceptés se trouvant sur la ligne des centres, tout se passera comme si les courants de Foucault élémentaires se développaient dans des anneaux circulaires, mais d'épaisseur $d\rho$ variable, cette épaisseur variant d'un minimum $d\rho_1$ (position la plus rapprochée des deux cercles) à un maximum $d\rho_2$ (position la plus écartée des deux cercles), sa valeur moyenne étant $(d\rho)_{\text{moy}} = \frac{d\rho_1 + d\rho_2}{2}$.

Un cercle courant coupera la droite des centres en deux points, les segments interceptés par rapport au petit cercle (ou par rapport au grand) étant dans le même rapport λ (ou $1-\lambda$) par rapport aux segments totaux $(R - R_1 - a)$ et $(R + a - R_1)$.

Sous le bénéfice de ces hypothèses, le problème sera résolu sous la forme ci-après :

Cercle de rayon variable,

$$[x - a(1-\lambda)]^2 + y^2 = [R_1 + \lambda(R - R_1)]^2 = \rho^2.$$

Courant induit dans un anneau de largeur variable,

$$I = \frac{\Omega\Phi_0 \sin \Omega t}{2\pi\rho}\Gamma\varepsilon(d\rho)_{moy}$$

(Γ, inductance; ε, épaisseur du disque; Φ_0, valeur maximum du flux émis par le pôle) avec

$$d\rho = \frac{(d\rho)_{moy}}{\pi}\left[\frac{R - a - R_1}{R - R_1}\right]\left[(\pi - \alpha) + \alpha\frac{R + a - R_1}{R - a - R_1}\right].$$

Résistance de l'anneau,

$$(R) = \frac{(2\rho)_{moy}}{\Gamma\varepsilon}\frac{1}{(d\rho)_{moy}}\frac{\pi(R - R_1)}{2a}\operatorname{Log}\left(\frac{R + a - R_1}{R - a - R_1}\right).$$

Quand a tend vers zéro (cercles concentriques), on retombe sur la formule classique

$$(R') = \frac{(2\rho)_{moy}}{\Gamma\varepsilon}\frac{1}{(d\rho)_{moy}}.$$

Pertes par courants de Foucault dans la partie du disque, extérieure à la protection du pôle,

$$P_J = \frac{\Phi_0^2}{2}\frac{\Gamma\varepsilon}{2\pi M}\operatorname{Log}\left(\frac{R}{R_1}\right) \quad \text{avec} \quad \frac{1}{M} = \frac{R - R_1}{2a}\operatorname{Log}\frac{R + a - R_1}{R - a - R_1}$$

(pour $a = 0$, $M = 1$)

et l'on retrouve l'expression classique

$$P_{J'} = \frac{\Phi_0^2}{2}\frac{\Gamma\varepsilon}{2\pi}\operatorname{Log}\frac{R}{R_1}.$$

RADIOLOGIE. — *Radioqualitomètre à lecture directe et continue.* Note de M. **Iser Solomon**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans les applications thérapeutiques des rayons X, la connaissance aussi précise que possible de la quantité du rayonnement (dose) et de la qualité du rayonnement définie par son taux de transmission est indispensable pour la bonne conduite de l'irradiation.

Mais, tandis que l'évaluation de la dose peut être effectuée actuellement

aisément avec un ionomètre convenablement construit, il n'en est plus de même pour l'évaluation pratique de la qualité du rayonnement. La mesure de la qualité du rayonnement n'est effectuée actuellement, avec une précision suffisante, qu'avant ou après l'irradiation; pendant la durée de l'irradiation on se contente d'une mesure indirecte déduite de la valeur approchée de la tension aux bornes de l'ampoule.

Le scléromètre de M. Villard, imaginé par son auteur il y a 20 ans, constituait en principe un excellent radioqualitomètre à lecture directe et continue. Mais des difficultés de construction ont empêché la diffusion de cet appareil. Considérant qu'actuellement seul un appareil basé sur une mesure d'absorption est susceptible de constituer un radioqualitomètre à lecture directe et continue et nous inspirant des principes de l'appareil de Villard, nous avons mis au point un qualitomètre dont voici, d'une façon succincte, la description : deux chambres d'ionisation contiguës ont leur armature commune reliée au pôle négatif d'une source à potentiel constant, les deux autres armatures étant reliées respectivement aux grilles extérieures de deux lampes bigrilles. Les variations du courant de plaque sont enregistrées par deux microampèremètres.

Chaque microampèremètre mesure l'intensité du courant d'ionisation dans la chambre à laquelle il est relié. Dans une des chambres d'ionisation l'absorption est négligeable, dans l'autre elle est importante grâce à l'interposition d'un écran de cuivre de $0^{mm},5$ d'épaisseur. Le rapport de deux courants d'ionisation constitue le taux de transmission du rayonnement utilisé. Pour mesurer directement le taux de transmission, nous avons utilisé le montage employé par M. Ferrié dans son fréquencemètre bien connu.

Le lieu géométrique du point de croisement des deux aiguilles est une courbe qui correspond précisément au taux de transmission cherché. Il suffit d'étalonner l'appareil en taux de transmission pour une épaisseur d'écran absorbant donnée, ou en coefficient d'absorption, pour lire à chaque instant sur la courbe de croisement la qualité du rayonnement utilisé.

Au lieu d'un appareil à double aiguille, nous avons utilisé également un logomètre Carpentier, mais dans ce cas on doit augmenter les dimensions des chambres d'ionisation, la sensibilité de l'appareil que nous avons utilisé étant de l'ordre du milliampère.

Une description complète de l'appareil paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre du 3e ordre de l'oxygène.* Note (1) de M. C. Mihul, présentée par M. A. Cotton.

Dans deux Notes précédentes (2) j'ai donné la description de 4 multiplets de multiplicité $r = 5$ et de 9 multiplets de multiplicité $r = 3$ appartenant tous au spectre du 3e ordre de l'oxygène (O III). De nouvelles mesures m'ont permis de reconnaître dans ce spectre 5 multiplets nouveaux du système des triplets ($r = 3$). En voici la description :

I. *Multiplet* $^3D' - {}^3P'$.

i	5		2			$^3P'_2$
λ	3715,07		3725,29			
ν	26909,79	73,81	26835,98			
$\Delta\nu$			130,33			
i			4		1	$^3P'_1$
λ			3707,28		3714,01	
ν			26966,31	48,84	26917,47	
$\Delta\nu$					82,20	
i					2	$^3P'_0$
λ					3702,70	
ν					26999,67	
	$^3D'_3$		$^3D'_2$		$^3D'_1$	

II. *Multiplet* $^3D' - {}^3D$.

		0		1	$^3D_1$
		2992,10		2996,49	
		33411,63	48,94	33362,69	
		136,19		135,90	
0		2		0	$^3D_2$
2997,70		3004,35		3008,75	
33349,23	73,79	33275,44	48,65	33226,79	
220,08					
3					$^3D_3$
3017,62					
33129,15		[33053,37]*			
$^3D'_3$		$^3D'_2$		$^3D'_1$	

* Masquée par la raie intense 3024,54 A de l'oxygène III ($^3P\,^3P'$).

(1) Séance du 28 mars 1927.

(2) C. Mihul, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1035; 184, 1927, p. 89.

III. *Multiplet* $a\,^3D - {}^3D'$.

		1 2549,60 39210,2	49,0	3 2546,41 39259,2	$a\,^3D_1$
		106,6		106,5	
1 2547,46 39243,1	73,7	3 2542,68 39316,8	48,9	1 2539,52 39365,7	$a\,^3D_2$
206,9		206,6			
6 2534,09 39450,0	73,4	1 2529,39 39523,4			$a\,^3D_3$
${}^3D'_3$		${}^3D'_2$		${}^3D'_1$	

IV. *Multiplet* $a\,^3P' - {}^3D'$.

4 2315,48 43174,4	73,5	1 2311,54 43247,9			$a\,^3P'_2$
		108,6			
		3 2317,36 43139,3	49,6	1 2314,70 43188,9	$a\,^3P'_1$
				88,8	
				2 2319,47 43100,1	$a\,^3P'_0$
${}^3D'_3$		${}^3D'_2$		${}^3D'_1$	

V. *Multiplet* $a\,^3P' - a\,^3P$.

2 2434,96 41057,0	109,3	0 2441,40 40947,7			$a\,^3P_2$
		114,5			
[40943,16]*		1 2448,25 40833,2	88,3	1 2453,55 40745,0	$a\,^3P_1$
		61,5			
		1 2451,94 40771,7			$a\,^3P_0$
$a\,^3P'_2$		$a\,^3P'_1$		$a\,^3P'_0$	

* Masquée par une raie 2441,67 A (non classée) de l'oxygène II.

POLARIMÉTRIE. — *La dispersion rotatoire, dans l'ultraviolet, de solutions aqueuses d'acide tartrique contenant de l'acide borique.* Note [1] de M. **R. Descamps**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai donné récemment [2] les résultats de la mesure de la dispersion rotatoire de trois solutions aqueuses d'acide tartrique contenant une quantité équimoléculaire ou un très léger excès d'acide borique : ces solutions présentaient des courbes de dispersion rotatoire du type complexe anomal [3].

A la suite de ces expériences j'ai mesuré dans le même intervalle de longueurs d'onde la dispersion rotatoire de solutions aqueuses contenant les acides tartrique et borique en proportions moléculaires très différentes ; j'ai utilisé des poids décroissants d'acide tartrique et des poids sensiblement constants d'acide borique pur. L'acide tartrique utilisé présentait

$$[\alpha]_{5460,9}^{20°,0} = 14°,81$$

($10^g,36$ dans 100^{cm^3} de solution aqueuse à $20°,0$; $l = 5^{dm},271$). Les mesures dans l'ultraviolet ont été réalisées avec le spectropolarimètre photographique qui a été construit par M. A. Cotton et par moi [4].

La composition des solutions étudiées et les résultats obtenus sont contenus dans le tableau ci-contre.

L'examen des pouvoirs rotatoires spécifiques de ces solutions, excepté ceux de la solution n° 7, montre que les courbes de dispersion rotatoire $[\alpha], \lambda^2$ correspondantes n'appartiennent pas au type simple. Les courbes de dispersion des solutions n°s 1 et 2 présentent une inflexion, un maximum, un changement de signe de la rotation ; celles des solutions n°s 3, 4, 5 et 6 montrent les deux premiers de ces caractères. Donc ces courbes de dispersion rotatoire appartiennent au type complexe anomal.

A mesure que la quantité d'acide tartrique décroît, les pouvoirs rotatoires spécifiques croissent et les maxima s'éloignent du spectre visible.

Le diagramme $\frac{1}{[\alpha]}, \lambda^2$ correspondant à la solution n° 7 est une droite dans

---

(1) Séance du 28 mars 1927.

(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 453.

(3) T. M. Lowry, *Trans. Chem. Soc.*, vol. **107**, 1915, p. 1195.

(4) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 22. — *Revue d'Optique*, **5**, 1926, p. 481.

100^{cm^3} *de solution contiennent, à la température de* 23°,0 ± 0,1 :

Nos des solutions....	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Acide tartrique..	49,4989 gr.	19,8180 gr.	7,9270 gr.	3,0037 gr.	0,0499 gr.	0,1612 gr.	0,0804 gr.
	0,3299 mol.	0,1321 mol.	0,0528 mol.	0,0200 mol.	0,0033 mol.	0,0011 mol.	0,0005 mol.
Acide borique....	4,5482 gr.	4,4850 gr.	4,5458 gr.	4,6010 gr.	4,6005 gr.	4,6459 gr.	4,8470 gr.
	0,0735 mol.	0,0725 mol.	0,0734 mol.	0,0743 mol.	0,0743 mol.	0,0751 mol.	0,0783 mol.

Pouvoirs rotatoires spécifiques à la température de 23°,0 ± 0,1.

	λ.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Déterm. visuelles.	5780	32°,67	46°,56	50°,40	51°,41	53°,13	55°,31	70°,79
	5460,9	36,66	52,60	57,01	58,11	59,96	62,37	80,23
	4358,6	56,68	85,72	93,72	95,44	97,91	103,57	125,06
Déterminations photographiques.	4046,9	64,46	100,44	109,51	112,83	116,33	120,29	
	3650,3 / 3654,9	74,45	124,76	137,97	141,56	145,75	149,28	182,92
	3341,8	78,79	148,16	166,65	172,91		186,60	
	3132,0 / 3131,6	73,54	164,55	188,97	197,17	199,24		
	3125,8	73,36	164,92	189,88				
	3021,7	63,37	171,75	201,03	210,97	208,60	244,65	
	2967,5	55,07	174,03	205,81	214,75	217,96	257,09	
	2926,8	48,66	172,63	207,64		223,31		
	2893,9	39,94		211,96	220,09	227,32		
	2804,0	7,87	169,61	214,24	222,54	232,67	277,83	
	2753,0	— 16,46	161,44	211,51	220,54	235,34	286,12	
	2652,2	—107,37	126,07	193,06	205,63	224,64	281,98	390,79
	2536,7		1,21	97,96		148,42	277,83	407,42
Épaisseur		ép. : 0,5541 dm. (4046,9–3021,7); ép. : 0,1669 dm. (2967,5–2652,2)	ép. : 0,5541 dm. (4046,9–2967,5); ép. : 0,1669 dm. (2926,8–2536,7)	ép. : 0,5541 dm. (4046,9–2652,2); ép. 0,1669 (2536,7)	ép. : 1,4960 dm.	ép. : 1,4960 dm.	ép. : 1,4960 dm.	ép. : 1,4960 dm.

Erreurs moyennes possibles sur la rotation α *et sur le pouvoir rotatoire spécifique* [α]; *déterminations photographiques.*

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
α.	0,030	0,030	0,030	0,030	0,025	0,023	0,024
[α].	0,23	0,58	0,72	0,70	3,39	9,64	20,00

toute l'étendue du spectre utilisé, mais les erreurs moyennes possibles, qui s'élèvent à 20 degrés spécifiques (pour une variation de la rotation de 0°,024 seulement), sont trop élevées pour qu'on puisse dire si la courbe de dispersion de cette solution appartient au type simple ou au type complexe.

Les diagrammes $\frac{1}{[\alpha]}$, λ^2 sont des droites (aux erreurs possibles près) entre 5780 et 4358 inclus pour la solution n° 1; entre 5780 et 4047 pour la solution n° 2; 5780 et 3650 pour la solution n° 3; 5780 et 3342 pour les solutions n°s 4 et 5; 5780 et 2894 à 2804 pour la solution n° 6. Donc la réalisation de ces mesures seulement dans l'étendue du spectre visible aurait conduit à la conclusion fausse que ces courbes appartiennent au type simple.

L'allure anomale des courbes de dispersion rotatoire de ces solutions (n° 7 exceptée) peut s'expliquer en supposant que celles-ci contiennent au moins deux constituants optiquement actifs de rotations de signes contraires et de dispersions différentes [1].

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une relation entre le poids atomique des radioéléments isotopes et la vitesse des rayons α qu'ils émettent.* Note de M. **Georges Fournier**, présentée par M. Jean Perrin.

De nombreux auteurs se sont attachés à découvrir des relations entre les caractéristiques des rayons α (parcours, vitesse, énergie) et celles des atomes qui les émettent (vie moyenne, numéro atomique). Ainsi d'après Geiger, pour tous les rayons α, les parcours sont entre eux comme les cubes des vitesses et, dans chaque famille radioactive, le logarithme de ce parcours varie linéairement avec le logarithme de la vie moyenne de l'atome émetteur. D'après L. Myssowsky, pour la plupart des radioéléments rangés par familles, l'énergie des rayons α varie linéairement avec le numéro atomique de l'émetteur.

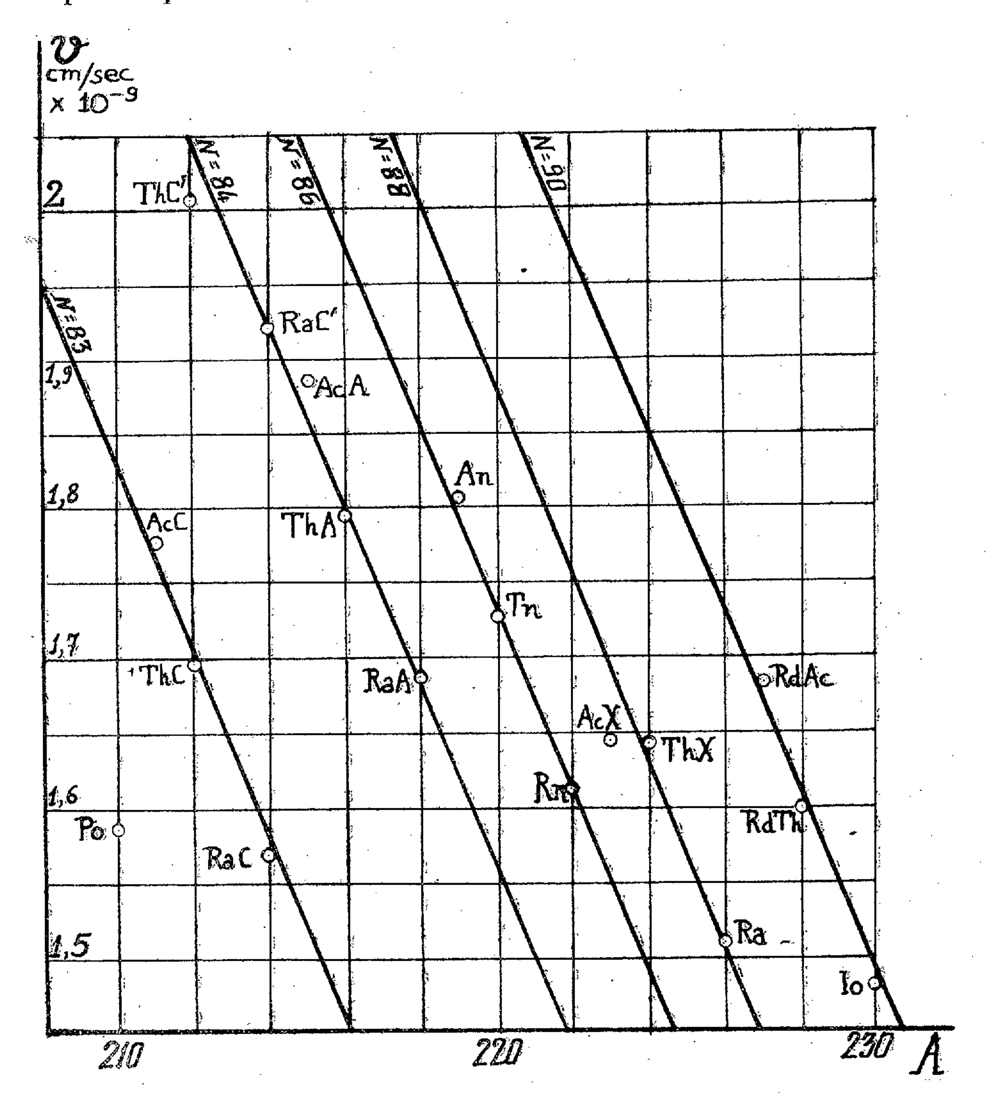
Dans le but de mettre en évidence une relation nouvelle, nous avons tracé le diagramme ci-après en portant en abscisses les *poids atomiques* A des radioéléments et en ordonnées les valeurs de la vitesse des rayons α qu'ils émettent. Ces valeurs, empruntées au travail de Geiger, ont été calculées d'après les parcours déterminés expérimentalement.

Nous voyons sur ce diagramme que presque tous les points se placent sur

---

(1) René Lucas, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 29.

cinq droites *parallèles* dont chacune correspond à un numéro atomique N. déterminé, c'est-à-dire à un groupe d'isotopes, à une case de la classification périodique. Si nous considérons ces droites comme établies sur les



points relatifs aux familles du radium et du thorium, dont les poids atomiques sont connus, nous sommes amené à donner au poids atomique inconnu de l'actinium la valeur 227 : les points relatifs à la famille de l'actinium viennent alors se placer, pour la plupart, sur les droites précédemment tracées.

Ce fait nous incite à admettre avec Piccard que la famille de l'actinium ne provient pas d'une bifurcation de la famille de l'uranium, mais bien probablement d'un ancêtre indépendant de poids atomique 239, isotope de l'uranium (actino-uran I de Piccard).

D'après le diagramme, exception faite pour le polonium (qui n'a pas d'homologue dans les autres familles), nous pouvons mettre la vitesse des rayons α sous la forme $v = v_0 - kA$ (v_0 est un terme qui varie d'un groupe d'isotopes à l'autre; A est le poids atomique du radioélément émetteur, et k est une constante). Deux lois sont contenues dans cette expression :

1° La vitesse des rayons α émis par des radioéléments isotopes diminue proportionnellement à leur poids atomique. (Existence des droites du diagramme.)

2° Le coefficient de proportionnalité est le même pour les différents groupes d'isotopes. (Parallélisme des droites du diagramme.)

Nous présentons cette relation comme un résultat empirique, en insistant sur la forte présomption que donne le diagramme en faveur du poids atomique 227 pour l'actinium.

Nous avons encore trop peu de données sur le noyau des radioéléments pour tenter une explication de cette relation et de l'exception du polonium.

Si l'on suppose que la vitesse des rayons α dépend principalement des forces exercées entre la particule α et le noyau qu'elle vient de quitter, le sens des variations de cette vitesse nous paraît logique : il est en effet naturel qu'elle augmente avec le numéro atomique puisque les forces électrostatiques, répulsives et par conséquent accélératrices, augmentent avec la charge du noyau. Il est également naturel que la vitesse diminue lorsque le poids atomique augmente, puisque les forces gravifiques, attractives et par conséquent retardatrices, augmentent avec le poids du noyau. Dans cette hypothèse il faudrait d'ailleurs porter en abscisses du diagramme non plus le poids atomique du radioélément émetteur, mais celui de son descendant direct (par rayonnement α). De ce fait le diagramme est simplement décalé de quatre unités de poids atomique.

Mais il est au contraire possible que la vitesse des rayons α soit en majeure partie déterminée par un phénomène intra-nucléaire qui échappe encore à notre investigation, les actions électrostatiques et gravifiques n'intervenant qu'en second lieu et peut-être d'une façon négligeable en ce qui concerne les forces gravifiques.

RADIOCHIMIE. — *Détermination des énergies de réaction par la connaissance des lumières actives.* Note [1] de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

La théorie radiochimique générale (Perrin-Lewis) conduit à la relation $Q = hN(\nu' - \nu)$, où Q représente l'énergie de la réaction, ν et ν' les fréquences qui produisent et renversent celle-ci, h la constante de Planck et N le nombre d'Avogadro.

Cette formule est difficile à vérifier dans la plupart des cas : les spectres des substances initiales et finales étant rarement assez simples pour donner avec exactitude les valeurs de ν et ν'. Une telle indétermination est levée pour des réactions où doit intervenir un mécanisme photo-électrique.

Considérons, en effet, $A + B \rightarrow AB$, et admettons que, sous l'action de la lumière, A perde un électron qui soit capté par B, suivant :

$$A + B + \text{lumière} \rightarrow A^+ + B^-$$

et que les deux ions ainsi formés s'unissent électrostatiquement en libérant un travail $\mathcal{T}_e$. En appliquant l'équation d'Einstein à l'ionisation de A et de B, on a : $h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + w$ et $h\nu' = \frac{1}{2}mv^2 + w'$, w et w' représentant les niveaux de l'électron échangé sur A et sur B; on suppose dans le cas le plus général $\frac{1}{2}mv^2 \neq \frac{1}{2}mv'^2$, car entre A et B des chocs ont pu intervenir qui n'ont pas été efficaces au point de vue chimique.

L'énergie de la réaction Q est égale au produit de N par la différence des énergies potentielles

$$Q = N(w' - w) = Nh(\nu' - \nu) - \frac{1}{2}m(v'^2 - v^2) + \mathcal{T}_e$$

pour des transformations ioniques $\mathcal{T}_e = 0$. En outre, en considérant les fréquences seuils ν_0 et ν'_0 des deux processus photo-électriques, on a $h\nu_0 = w$, $h\nu'_0 = w'$. Donc $Q = Nh(\nu'_0 - \nu_0)$. On retrouve la formule de Perrin-Lewis, mais plus vérifiable parce que établie pour les fréquences seuils.

J'ai essayé de vérifier, sous cette forme, la théorie radiochimique avec les sels de fer ; sous l'action de la lumière les sels ferreux sont oxydés, tandis que les sels ferriques sont réduits ; les mêmes radiations interviennent, mais

(1) Séance du 28 mars 1927.

avec des intensités différentes. La méthode chimique n'est pas assez sensible pour déterminer ν_0 et ν'_0 : il faut faire appel à une méthode électrométrique.

Lorsqu'on plonge deux électrodes de platine dans un électrolyte, si l'on éclaire l'une d'elles, une force électromotrice (f. e. m.) prend naissance, dont l'intensité et le signe sont liés à la différence de potentiel platine-liquide [1]. Ces effets, généralement instantanés et faibles (1 à 5.10^{-5} volt), sont plus intenses (1 à 15.10^{-4} volt) et s'établissent lentement dans les électrolytes présentant une sensibilité photochimique. Les expériences ont été réalisées en condensant sur l'électrode le rayonnement d'une lampe tungstène-azote 2000 bougies filtré par 15^{cm} d'eau pour diminuer l'effet thermique; en outre, celui-ci était calculé à partir du pouvoir thermoélectrique de la cellule et de l'élévation de température de la lame mesurée soit en remplaçant cette dernière par un thermomètre, soit en lui soudant un couple fer-constantan (les deux méthodes donnaient du reste sensiblement les mêmes résultats).

La f. e. m. croît avec le temps et tend vers un équilibre plus rapidement atteint avec les sels ferreux qu'avec les sels ferriques. Elle dépend du pH; l'effet propre aux ions fer a été obtenu en soustrayant de la f. e. m. observée celle que l'on obtenait avec une solution acide de pH identique. Cette correction est particulièrement importante pour les sels ferreux qui donnent des effets plus faibles que les sels ferriques. Dans ces conditions, on obtient toujours un effet négatif avec les premiers et positif avec les seconds.

A intensité de rayonnement égale, la f. e. m. croît avec la fréquence. L'action de la lumière a été étudiée pour des radiations rouges et des radiations bleues dont les fréquenees moyennes étaient respectivement de $4,4.10^{14}$ et $6,5.10^{14}$. Les seuils ont été obtenus par extrapolation de la variation de la f. e. m. avec ν. Les expériences montrent que, quelle que soit la concentration, les sels ferreux (chlorure, sulfate, sel de Mohr) ont même fréquence seuil $\nu_0 = 3,5.10^{14}$; tandis que les sels ferriques (chlorure, sulfate, alun) ont comme seuil $\nu'_0 = 2,0.10^{14}$.

L'existence d'un effet toujours positif avec les sels ferriques, toujours négatif avec les sels ferreux, la diminution de celui-ci par abaissement du pH conduisent à admettre que la lumière intervient suivant le schéma :

$$2\,Fe^{++} + 2\,H^{+} + 2\,h\nu \rightleftharpoons 2\,Fe^{+++} + H^2 + 2\,h\nu.$$

Les fréquences seuils donnent pour cette réaction $Q = -30000^{cal}$.

---

(1) René Audubert, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 818 et 1110.

Ce résultat peut être contrôlé par des mesures d'affinités. Il suffit de constituer la pile : Pt/sol. acide/KCl saturé/sel ferreux/Pt, dans laquelle l'électrode au contact de Fe^{++} est bien négative. La chaleur réaction se calcule à partir de l'équation de Helmholtz :

$$E - T\frac{dE}{dT} = \frac{Q}{2 \times 23000}.$$

En déterminant la variation de E avec la température pour une pile SO^4H^2 0,1 N, SO^4Fe 0,9 N, on trouve : $\frac{dE}{dT} = +2,85 \times 10^{-3}$ volt, ce qui donne, à 15°, pour E = 0,174 volt, Q = — 29700^cal^, nombre très concordant avec le précédent.

L'oxydation considérée comme un changement de valence serait endothermique. Or les transformations des sels ferreux en ferriques au point de vue chimique s'effectuent en présence d'oxygène, d'où formation d'eau; il faut donc ajouter 69000^{cal} au nombre précédent, on trouve $+ 39400^{cal}$, résultat très voisin des données thermochimiques qui indiquent $+ 39600^{cal}$ pour les sulfates et $+ 43600^{cal}$ pour les chlorures.

En résumé, la théorie radiochimique se vérifie avec les sels de fer quand on considère les fréquences seuils ν_0 et ν'_0; elle montre que le processus $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++}$ est endothermique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des minerais oxydes.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'étudie ici la réduction de certains minerais oxydés pauvres, tels que ceux du cuivre, du nickel, du cobalt dont la fusion s'opère très rapidement et à des températures ne dépassant pas 1600°.

Dans le tableau ci-dessous, on trouvera la composition centésimale de quelques-uns des minerais étudiés :

	Cu.	Ni.	Fe.	O.	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.	MgO.	H^2O.	Non dosés.
Minerai I...	0,02	6,90	11,70	6,75	48,60	5,58	0,64	17,21	—	2,60
Minerai II..	5,00	0,11	26,20	12,50	28,80	15,72	1,13	2,47	6,06	2,01
Minerai III.	—	5,30	56,4	16,26	14,16	3,41	1,33	0,69	—	2,45

Action du carbone. — On admet généralement que la réduction du minerai dans les fours industriels s'effectue par CO avant la fusion et par

du carbone fixe après la fusion. Mais pour que le carbone solide puisse agir, il faut qu'il soit soluble dans le minerai fondu ou tout au moins qu'il puisse rester assez longtemps en contact intime avec le minerai après sa fusion. En fait, en ce qui concerne les minerais en question, ces deux conditions ne se réalisent qu'exceptionnellement.

En fondant à 1600° dans des creusets en plombagine, en présence de grains de coke débarrassés des poussières fines, les divers laitiers (silicates et silico-aluminates de chaux) j'ai trouvé des teneurs en carbone variant de 0,09 à 0,15 pour 100. La solubilité du carbone est donc infime.

D'autre part, le minerai aussitôt fondu se sépare du réducteur, même si celui-ci était mélangé intimement en poudre impalpable au minerai broyé.

Cela explique pourquoi dans un four électrique, par exemple, il est très difficile de parfaire la réduction d'un minerai qui n'aurait pas été suffisamment réduit au moment de la fusion. On pourrait doubler et tripler la proportion du coke sans améliorer sensiblement la réduction.

La solubilité du carbone dans les laitiers semble cependant augmenter avec la températnre. Le fait est d'ailleurs certain pour les silicates de chaux dans lesquels dès 1600°, j'ai constaté la formation de petites quantités de carbure de calcium. Dans ce cas, il est possible que dans le traitement des oxydes réfractaires (MnO, Cr^2O^3 etc.) opéré vers 1800-2000° le carbure dissous dans le laitier serve de véhicule au carbone nécessaire à la réduction, même après la séparation du réducteur d'avec le minerai fondu.

Action des bases. — Il est d'usage d'ajouter une base (chaux ou calcaire) dans le minerai, afin de libérer les oxydes combinés à la silice et de permettre ainsi leur réduction. On doit remarquer cependant que le métal, produit de la réaction, n'étant pas soluble dans la scorie, quelle que soit son acidité, le degré de réduction ne peut dépendre que de la proportion du réducteur employé.

Dans les expériences ci-après, j'ai fondu des mélanges intimes de minerai II avec 6 pour 100 de coke en poudre, avec ou sans addition de 10 et 40 pour 100 de chaux. En faisant varier les durées de chauffage j'ai obtenu les proportions suivantes de métaux réduits :

	Proportions des métaux réduits pour 100 de métaux contenus.		
Durée de chauffe............	30 min.	1h30m.	2h30m.
Minerai avec 6 pour 100 de coke sans chaux..	14,8	40,2	53,1
» 10 pour 100 de chaux...........	19,1	48,9	53,3
» 40 pour 100 de chaux...........	38,1	53,0	53,2

On voit que l'addition d'une base ne fait qu'augmenter la vitesse de réduction quand la fusion est trop rapide. Par contre, l'effet est peu sensible quand la fusion est suffisamment lente.

Dans une autre série d'expériences (minerai fondu en 20 minutes, avec 6 pour 100 de coke) j'ai fait varier les proportions de chaux. Voici les proportions des métaux obtenus :

Proportions de chaux pour 100 de minerai..................	0	3,7	7,5	15,0	30,0	37,0	45,0	60
Proportions de métaux pour 100 de métaux contenus.........	1,20	8,0	16,0	26,6	34,0	40,5	32,2	30,1

La quantité de métal augmente donc tout d'abord avec celle de la chaux, atteint un maximum puis diminue. En étudiant l'action des diverses bases sur les minerais, j'ai toujours trouvé des courbes de même allure. Je n'ai constaté aucune correspondance entre le nombre des molécules de la base employée et celui des molécules du métal réduit.

La diminution du rendement en métal, observable à partir d'une certaine proportion de base, provient surtout de la diminution de fluidité du minerai fondu.

De ces recherches, j'ai tiré une méthode expérimentale pour la détermination de la composition du lit de fusion d'un minerai, se résumant ainsi : dans une série d'expériences de fusions lentes, je détermine la proportion de réducteur nécessaire pour réaliser le degré de réduction voulu. Dans une seconde série de fusions rapides, je détermine la proportion de fondant donnant le maximum de métal réduit et correspondant au maximum de fluidité de la scorie à la température moyenne du four.

En procédant ainsi, j'obtiens des résultats plus certains que par la méthode classique du calcul de l'oxygène des bases et des acides contenus dans le minerai à traiter.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transformation des phénols en hydrocarbures, en présence de catalyseurs et d'hydrogène sous pression.* Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons précédemment signalé (¹) que l'intervention des agents catalytiques déshydratants permettait généralement d'abaisser le seuil de tem-

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 526.

pérature d'hydrogénation des composés hydroxylés, qui pouvaient être ainsi transformés en hydrocarbures saturés, à la condition d'opérer en présence d'hydrogène sous pression élevée.

La transformation des phénols en hydrocarbures constitue, comme l'on sait, un problème d'un grand intérêt pratique, lequel, bien qu'ayant fait l'objet de recherches fort intéressantes, en particulier de Fr. Fischer, de G. Stadnikoff, etc., n'a pas reçu jusqu'ici une solution pleinement satisfaisante; c'est ainsi, par exemple, que le procédé d'hydrogénation de Bergius n'a nullement permis de réaliser cette transformation (1).

Or, nous avons constaté que tous les composés hydroxylés aromatiques et cyclohexaniques, chauffés en présence d'hydrogène sous pression et d'un catalyseur déshydratant, tel que l'alumine, l'argile, la thorine, la silice, etc., fournissaient, avec de très bons rendements, des hydrocarbures saturés, alors qu'en l'absence d'hydrogène sous pression, on obtenait, comme l'ont montré Sabatier et Mailhe (2), les oxydes phénoliques, ainsi que les oxydes diphényléniques et, dans le cas du cyclohexanol, le cyclohexène.

C'est ainsi que le phénol ordinaire ($C^6H^5.OH$), chauffé en présence de 5 pour 100 d'alumine et d'hydrogène sous pression (70 à 80 kg-cm²), présente un seuil de température de réaction voisin de 460° ; à 480° la réaction devient assez rapide, car en 4 heures plus de 40 pour 100 du phénol sont transformés en hydrocarbures légers ($D_{15} = 0,874$) sans formation sensible d'oxyde de phényle ; les hydrocarbures fractionnés ont fourni les fractions suivantes :

P. E....	70-79°	13 pour 100	$D_{18} = 0,855$	$N_{D^{18}} = 1,4818$
P. E....	79-83°	72 pour 100	$D_{18} = 0,875$	$N_{D^{18}} = 1,4940$

La fraction 79-83° possède les caractères du benzène ; la fraction de tête renferme une petite quantité de carbures aliphatiques.

Le mélange industriel des trois crésols se comporte à peu près de la même façon que le phénol et fournit également, après 4 heures à 480°, en présence de 5 pour 100 d'alumine, plus de 35 pour 100 d'hydrocarbures légers (ce qui représente une transformation de 40 pour 100 des crésols) distillant en majeure partie entre 85° et 115° : $D_{15} = 0,863$; $N_{D^{18}} = 1,4894$. Bien que nous n'ayons pas opéré jusqu'ici sur les crésols purs, ce qui nous empêche d'être

(1) F. Fischer et Tropsch, *Brenn. Chem.*, 7, 1926, p. 2.

(2) *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 492.

absolument affirmatifs sur ce fait, il semble que le groupement méthylé soit respecté et qu'on obtienne, en partant des crésols, surtout du toluène.

De même le cyclohexanol est transformé en 2 heures vers 460°-470° presque quantitativement, en hydrocarbures légers, qui, fractionnés, nous ont fourni :

P. E.........	$< 70°$	24 pour 100	$D_{18} = 0,748$	$N_D^{17} = 1,4167$
»	70°-75°	24 »	$D_{18} = 0,762$	$N_D^{17} = 1,4230$
»	75°-80°	15 »	$D_{18} = 0,767$	$D_D^{17} = 1,4253$
»	80°-90°	20 »	$D_{18} = 0,782$	$D_D^{17} = 1,4261$

Ces liquides sont insolubles dans l'acide sulfurique; les deux dernières fractions possèdent un indice d'iode très faible (voisin de 10; méthode de Hanus). Ces hydrocarbures ne renferment donc pas de cyclohexènes, mais sont constitués par des mélanges aliphatiques. Nous rappellerons que Ipatiew (¹), en traitant le cyclohexanol en présence d'hydrogène sous une pression initiale de 40 kg-cm² et d'alumine très active, avait obtenu exclusivement du tétrahydrobenzène (P. E. : 82°-84°, $D_{20} = 0,802$).

Les résultats obtenus sont conditionnés d'ailleurs à la fois par l'activité du catalyseur, la température et la pression de l'hydrogène. Pour obtenir des carbures saturés, il est nécssaire d'opérer avec un catalyseur d'activité moyenne et sous une pression d'hydrogène suffisante.

Il résulte de l'examen des fractionnements obtenus que, lors de la déshydratation, il se produit une ouverture partielle des chaînes cycliques, plus spécialement dans le cas du cyclohexanol. Ces résultats sont confirmés par la présence, dans les gaz de la réaction, d'hydrocarbures aliphatiques légers.

Les produits complexes industriels (huile phénolique, goudrons de basse température, etc.) fournissent des résultats analogues.

(¹) *Ber. D. chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 3385.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le chlorure de parabromobenzyle et la réaction de Grignard.* Note [1] de M. **Raymond Quelet**, présentée par M. Ch. Moureu.

Lorsque, sur un dérivé dihalogéné d'un carbure aromatique, on fait agir le magnésium en présence d'éther anhydre, il se forme en général un complexe monomagnésien. C'est ainsi que le paradibromobenzène donne lieu à la réaction suivante :

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}Br\ (1)\\ Br\ (4)\end{array}\right. + Mg = C^6H^4\left\langle\begin{array}{ll}MgBr & (1)\\ Br & (4)\end{array}\right. \quad [2].$$

Il en est de même avec le métadibromoxylène [3], le dibromonaphtalène 1.4 et le chlorobromonaphtalène 1.4 [4] qui donnent des monomagnésiens à l'un des atomes de brome. Dans le cas des dérivés iodés, la réaction va plus loin et M. V. Thomas [5], partant du paradiiodobenzène, a obtenu le dimagnésien correspondant.

Ces phénomènes n'ayant pas été étudiés pour des molécules dans lesquelles l'un des halogènes est fixé sur une chaîne latérale, il était intéressant d'observer comment se comporterait le chlorure de parabromobenzyle lorsqu'on le plaçait dans les conditions de la réaction de Grignard.

Des travaux que j'ai effectués dans ce but, il résulte que le chlorure de benzyle parabromé, comme le dibromobenzène, donne un dérivé monomagnésien. L'atome de chlore du groupe CH^2Cl, plus actif que l'atome de brome fixé sur le noyau, entre seul en jeu pour donner la réaction principale

$$(1) \qquad C^6H^4\left\langle\begin{array}{ll}CH^2Cl & (1)\\ Br & (4)\end{array}\right. + Mg = C^6H^4\left\langle\begin{array}{ll}CH^2MgCl & (1)\\ Br & (4)\end{array}\right.$$

---

(1) Séance du 21 mars 1927.

(2) Bodroux, *Comptes rendus*, **136**, 1903, p. 1138, et *Bull. Soc. chim.*, **31**, 1904, p. 33. — Ahrens et Stapher, *Ber.*, 38, 1905, p. 1296 à 3159. — Zelinsky et Gutt, *Ber.*, **40**, 1907, p. 3049. — Grignard et Vignon, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 1358. — Fink, *Journ. Chem. Soc.*, **123**, 1923, p. 3418. — Votocek et Kohler, *Ber.*, **47**, 1914, p. 1219.

(3) Iotsitch, *Journ. Soc. Phys.-Chim. R.*, **36**, 1904, p. 8.

(4) Bodroux, *loc. cit.*

(5) V. Thomas, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 218.

à côté de la réaction secondaire habituelle

$$(2)\qquad 2C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^2Cl & (1)\\ Br & (4)\end{matrix}\right. + Mg$$
$$= (4)\,Br-C^6H^4-CH^2-CH^2-C^6H^4-Br\,(4') + MgCl^2.$$

La réaction est vive, et si l'on opère sans précautions, la transformation se produit presque uniquement suivant l'équation (2).

Il importe, en particulier, de refroidir extérieurement par un courant d'eau le ballon dans lequel on opère et d'agiter mécaniquement. Dans ces conditions, on obtient un complexe de couleur verdâtre, peu soluble dans l'éther, tout à fait comparable au chlorure de benzylmagnésium. Il se dissout environ 20^g de magnésium dans une molécule de chlorure, et le dosage effectué par la méthode de Job et Reich [1] indique un rendement de 60 pour 100 en dérivé magnésien.

Après décomposition par l'eau et dissolution de la magnésie par addition d'acide sulfurique, on constate que la solution aqueuse ne contient que des traces de bromure. De la solution éthérée, on isole par distillation du parabromotoluène et un corps solide bouillant à 197-198° sous 10^{mm}, cristallisant dans l'alcool en prismes fusibles à 114° : c'est le *p.p'*-dibromodiphényléthane, identique au produit obtenu par l'action du zinc sur le bromure de parabromobenzyle [2].

En condensant le dérivé magnésien du chlorure de parabromobenzyle avec le bromure d'allyle, j'ai obtenu, avec un rendement de 35 pour 100, le parabromo-Δ_3-buténylbenzène

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^2-CH^2-CH=CH^2 & (1)\\ Br & (4)\end{matrix}\right.$$

liquide à odeur forte, présentant les constantes suivantes :

$$\text{Éb}_{12^{mm}} = 106°;\quad D_4^{11°} = 1,259;\quad N_D^{11°} = 1,554;$$
$$\text{R. M. calculée} = 52,07;\quad \frac{N^2-1}{N^2+2}\,\frac{M}{D} = 53,71.$$

Traité par le brome, ce carbure éthylénique m'a donné le dérivé tribromé

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^2-CH^2-CHBr-CH^2Br & (1)\\ Br & (4)\end{matrix}\right.$$

(1) Job et Reich, *Bull. Soc. chim.*, **33**, 1923, p. 1416.
(2) Errera, *Gaz. chim. it.*, **18**, 1888, p. 237.

liquide visqueux,

$$\text{Éb}_{12\text{mm}} = 190\text{-}191^\circ; \quad D_4^{9^\circ} = 1{,}859; \quad N_D^{9^\circ} = 1{,}610;$$

$$\text{R. M. calculée} = 68{,}06; \quad \frac{N^2 - 1}{N^2 + 2}\,\frac{M}{D} = 69{,}19.$$

Enfin, en le soumettant à l'action de l'acide perbenzoïque, en solution chloroformique, j'ai isolé l'oxyde d'éthylène correspondant

$$C^6H^4\begin{cases} CH^2-CH^2-CH-CH^2 \ (1) \\ \qquad\qquad\quad \diagdown O \diagup \\ Br \qquad\qquad\qquad\quad (4) \end{cases}$$

liquide à odeur agréable, bouillant à 142° sous 10^{mm}.

Le chlorure de parabromobenzyle étant facile à obtenir par action de l'acide chlorhydrique sur un mélange de bromobenzène et de trioxyméthylène, en présence de chlorure stannique, son magnésien permettra d'effectuer la synthèse d'un grand nombre de dérivés parabromés du benzène.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Microdosage du carbone. Applications.* Note de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. A. Desgrez.

Les microméthodes d'analyse élémentaire dues à Pregl [1], qu'il s'agisse du carbone, de l'hydrogène, de l'azote, des halogènes, du soufre, etc., forment un tout si homogène et la précision dont elles sont susceptibles est si grande, que les modifications proposées jusqu'ici portent sur des détails et sont d'un intérêt secondaire; ces méthodes, par ailleurs, ont fait largement leurs preuves.

Aussi le but de cette Note est-il tout autre : j'ai cherché une méthode micro-analytique, simple, rapide, suffisamment exacte qui permette le dosage du carbone, non seulement sur la substance carbonée elle-même, mais sur *sa dissolution aqueuse,* ce qui ne peut être réalisé par une microcombustion d'après Pregl. Ainsi, vis-à-vis de celle-ci, elle est d'une application plus générale et, en outre, par la substitution, dans certains cas, de la mesure d'un volume à une pesée, elle évite l'emploi de la microbalance.

---

[1] F. Pregl, *La micro-analyse organique quantitative*, traduction de G. Welter, Préface de Maurice Nicloux. 1 vol. in-8°, 223 pages, 47 figures; 1923 (Paris, Les Presses Universitaires, éditeur).

Méthode (¹). — C'est à l'attaque sulfochromique que j'ai eu recours. Elle est faite en présence du chromate d'argent dont Simon a montré récemment toute l'importance comme agent catalyseur d'oxydation.

Appareil. — Il repose sur un principe nouveau qui consiste à provoquer dans une partie déterminée d'un appareil clos *où règne le vide*, le dégagement d'un gaz et à laisser celui-ci s'absorber spontanément dans une autre partie de l'appareil où se trouve un réactif approprié.

Dans le cas qui nous occupe, un simple tube à essai de dimension très réduite, en pyrex, contient la substance à analyser additionnée de bichromate de potasse, de chromate d'argent et de sulfate de soude; il pourra recevoir au moment voulu l'acide sulfurique. Ce tube est surmonté d'une petite boule de forme spéciale qui contient la potasse destinée à l'absorption de CO^2.

Analyse. — L'attaque sulfochromique est faite à chaud; une fois terminée, l'acide carbonique formé est finalement dosé par alcalimétrie : précipitation de la solution alcaline par $BaCl^2$, lavage du précipité par décantation et centrifugation, reprise par excès de $HCl\ \frac{N}{20}$, et titrage en retour par $KOH\ \frac{N}{20}$ dont $0^{cm^3},01$ produit le virage très net de l'indicateur (rouge de méthyle). Chaque centimètre cube d'acide chlorhydrique consommé représente $0^{mg},3$ de carbone. L'erreur absolue ne dépasse pas $0^{mg},003$ (²).

Il est préférable d'opérer sur des quantités de carbone de l'ordre de 2^{mg} à $2^{mg},5$, 3^{mg} au maximum. L'ensemble de l'opération demande 30 à 40 minutes.

Résultats. — Les deux tableaux suivants résument nos expériences.

I. *Substances en solution aqueuse ou légèrement alcaline.*

(Les dissolutions des substances marquées d'un astérisque renfermaient en outre 3^{mg} de NaCl et 1^{mg} de P^2O^5.)

Substance.	Poids. (mg)	C théorique. (mg)	C trouvé. (mg)
Formiate de soude HCO^2Na	15,000	2,65	2,69
Acétate de soude (3 aq.) $CH^3CO^2Na, 3H^2O$	15,000	2,65	2,65
Oxalate de potasse (1 aq.) $C^2O^4K^2, H^2O$	16,660	2,18	2,21
Ac. oxalique (2 aq.) $C^2O^4H^2, 2H^2O$	11,340	2,16	2,20
Saccharose $C^{12}H^{22}O^{11}$	6,000	2,53	2,55
Hémine $C^{34}H^{33}N^4O^4FeCl$	3,860	2,41	2,37
*Urée $CO(NH^2)^2$	12,000	2,4	2,39
*Ac. urique $C^5H^4N^4O^3$	7,000	2,54	2,5
*Ac. hippurique $C^9H^9NO^3$	5,343	3,23	3,24
*Créatinine $C^4H^7N^3O$	4,730	2,02	2,07
*Ac. aspartique $C^4H^7NO^4$	7,320	2,64	2,71
*Glucose $C^6H^{12}O^6$	5,000	2,00	2,04

(¹) Tous les détails seront publiés dans d'autres Recueils.

(²) Les réactifs mis en œuvre, la manipulation à l'air apportent un peu de carbone dont on détermine la quantité une fois pour toutes par une expérience à blanc.

II. *Substances pesées à l'état sec.*

Substance.	Poids.	C théorique.	C trouvé.
	mg	mg	mg
Carbazol $(C^6H^4)^2NH$	2,000	1,72	1,71
Naphtalène-α-monosulfonate de sodium $C^{10}H^7SO^3Na, H^2O$.	4,100	1,98	1,98
Acide β-méthylindène-α-carbonique $C^{11}H^{10}O^2$	3,360	2,55	2,56
Phénylacridine $C^{19}H^{13}N$	2,807	2,51	2,505
Acétylbenzhydrylamine $(C^6H^5)^2CHNHCOCH^3$	2,550	2,02	1,97
Rubrène $C^{43}H^{28}$	2,660	2,52	2,45
Cholestérol $C^{27}H^{46}O$	2,745	2,30	2,27

Ces résultats sont satisfaisants dans leur ensemble. L'erreur relative peut atteindre mais ne dépasse généralement pas 2 pour 100.

Un seul corps a résisté jusqu'ici à une oxydation complète, c'est l'acide quinoléine sulfonique $C^9H^6NSO^3H$; en opérant sur 6 et 3^{mg}, j'ai retrouvé 89,6 et 96,6 pour 100 de la quantité CO^2 théorique.

Applications. — Il en est deux qui intéressent particulièrement le biochimiste et qu'il me faut mentionner : 1° l'identification d'une substance azotée et carbonée en solution aqueuse par détermination du rapport $\frac{C}{N}$; un micro-Kjeldahl d'une part, un microcarbone suivant la méthode qui vient d'être décrite d'autre part, le permettront aisément; 2° la détermination du carbone total urinaire dont l'intérêt physiologique et pathologique est évident.

GÉOLOGIE. — *Sur les* bésimaudites *du Prarion* (*Haute-Savoie*). Note de MM. **Paul Corbin** et **Nicolas Oulianoff**, présentée par M. Émile Haug.

A. Michel Lévy, dans son étude sur la région du Prarion-Pormenaz (1), a introduit un terme, qu'il a emprunté à Zaccagna, pour désigner certains faciès qui, d'après lui, caractérisent le Trias inférieur. Ce sont les *bésimaudites* qui, dans le *Lexique pétrographique* (2), sont définies dans les termes suivants : « Roche séricitique, gneissoïde, du mont Besimauda, résultant du métamorphisme de diverses roches, d'âge permien inférieur, notamment

(1) A. Michel Lévy, *Note sur la prolongation vers le sud de la chaîne des Aiguilles Rouges* (*Bull. Carte géol. de la France*, 3, xxvii, 1892, p. 393-429).

(2) *VIIIe Congrès géologique international*, 1900 : *Compte rendu*, p. 1041.

des porphyres quartzifères, d'après Franchi. » A. Michel Lévy, dans le travail cité, précise ainsi ce terme : « Le faciès *bésimaudite* est surtout composé de débris de schistes chloriteux et de micaschistes » (p. 30), « des quartzites blanc verdâtre, des schistes vert pâle, satinés, et des arkoses chloriteuses feldspathiques » (p. 13).

On voit que comme terme pétrographique, celui de bésimaudite n'est pas très heureux. Des roches extrêmement hétérogènes peuvent passer pour des bésimaudites et la confusion devient quelquefois particulièrement fâcheuse. Rappelons ici le massif granitique dans la vallée de l'Arve ([1]). Cette roche éruptive a été prise pour une bésimaudite par Michel Lévy et considérée comme stratigraphiquement supérieure au Carbonifère. Cette erreur a été rectifiée en 1902.

Mais la bésimaudite du Prarion même continue à donner lieu à des confusions. En 1925, a paru un travail d'Ed. Paréjas sur la tectonique du Mont Joly ([2]). Nous n'entrerons pas ici dans la discussion de ses résultats, dont les plus importants ont été du reste rectifiés par l'auteur lui-même ([3]), à la suite d'une excursion faite en commun. Cependant, dans ce travail, Ed. Paréjas se base, en partie, sur la conception tectonique relative au Prarion développée par Michel Lévy et, plus précisément, sur l'existence d'un synclinal triasique (faciès bésimaudite) pincé entre deux masses de Carbonifère.

D'après Michel Lévy, la crête principale du Prarion est taillée dans cette bésimaudite. Ed. Paréjas a adopté telle quelle cette interprétation. Mais une étude plus attentive sur le terrain, ainsi que l'examen des coupes minces, montrent que la roche formant la crête du Prarion est nettement inférieure au Carbonifère (stratigraphiquement déterminable) et constitue ici le noyau d'un anticlinal hercynien aigu.

Pétrographiquement, la masse principale de cette roche doit être classée parmi les gneiss plagioclasiques à grains de grosseur variable, mais pour la plupart à grain fin, voire très fin. Les minéraux constitutifs de ce gneis sont : un plagioclase de la série albite-oligoclase; le quartz; la muscovite ou, plus souvent, la sérécite; la chlorite;

---

(1) E. Haug, M. Lugeon et P. Corbin, *Sur la découverte d'un nouveau massif granitique dans la vallée de l'Arve, entre Servoz et les Houches* (*Comptes rendus*, **135**, 1902, p. 1379).

(2) Ed. Paréjas, *La tectonique du Mont Joly* (*Haute-Savoie*) (*Eclogae geol. Helvet.*, **19**, 1925, p. 420).

(3) Ed. Paréjas, *Nouvelles observations sur le soubassement du Mont Joly* (*Haute-Savoie*) (*Eclogae geol. Helvet.*, **20**, 1927, p. 331).

l'épidote, en proportion quelquefois considérable; et comme éléments accessoires : la zoïsite, le grenat, la pyrite. Il y a des zones, dans lesquelles, à ces éléments, vient s'ajouter encore la calcite, dont la proportion peut devenir très importante. Sur le versant occidental se trouve aussi une zone, dans laquelle le gneiss s'enrichit graduellement en amphibole, pour passer définitivement à l'amphibolite. En outre, tout ce complexe est pénétré de filons de roches acides (aplite et pegmatite) et, partiellement, de lamprophyres.

Ainsi cette roche, dans son ensemble, ne présente même pas le faciès bésimaudite.

Quant au Trias de cette région (crête et versant occidental du Prarion), il est, dans sa partie inférieure, représenté par des quartzites ou des grès plus ou moins grossiers; dans les cas où le Trias est parfaitement autochtone, il repose parfois sur un coussinet d'arkose chloriteuse. Nous avons déjà décrit (¹) l'allure générale des couches du Trias de cette contrée, leur position presque horizontale et nettement discordante sur les roches sous-jacentes.

En résumé, il faut bannir définitivement du massif du Prarion les bésimaudites, comme cela a été déjà fait pour la vallée de l'Arve (²) et remettre les roches désignées jusqu'à présent sous ce nom à leur vraie place, parmi les schistes cristallins inférieurs au Carbonifère.

BOTANIQUE. — *Mutations expérimentales et mécanisme des mutations spontanées.* Note de Mlle **Rémy**, présentée par M. L. Mangin.

La culture, les soins, les conditions extérieures de lumière et de chaleur les plus favorables au développement et à la différenciation des végétaux ne provoquent chez les plantes stables aucune vraie transformation héréditaire. Cette surnutrition produit surtout un état luxuriant des plantes soumises à l'expérience; elle peut, en outre, déterminer une accentuation parfois héréditaire de certains de leurs caractères (couleur des fleurs plus vive, celle des graines plus foncée, épaisseur plus grande d'un tissu, etc.). Mais aucun organe ou caractère morphologique stable qui n'est pas déjà représenté chez les plantes considérées n'apparaît, ou du moins, s'il en apparaît un, celui-ci ne constitue qu'une fluctuation non définitivement héréditaire.

(¹) P. Corbin et N. Oulianoff, *Sur le mésozoïque du Prarion* (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1171).

(²) *Loc. cit.*

Cependant, si l'on ne parvient pas à modifier définitivement les plantes stables par les procédés ci-dessus décrits, il est, par contre, assez facile de transformer les embryons de leurs graines en soumettant directement ou indirectement leurs organes reproducteurs à des conditions défavorables de développement.

On constate que la modification des embryons et des plantes qui en naissent n'est pas globale, mais qu'elle porte sur un ou quelques caractères, comme si ces derniers étaient indépendants, les autres caractères restant complètement inchangés.

Les conditions affaiblissantes ou défavorables déterminent l'apparition de caractères morphologiques héréditaires nouveaux qui, en réalité, correspondent à des caractères variétaux anciens affaiblis ou avortés et mis en latence (disparition du pigment des fleurs, du parchemin des gousses, etc.). Dans les croisements ces caractères affaiblis ou avortés sont généralement complètement dominés par les caractères développés correspondants.

J'ai expérimenté sur des pois (espèces : Prince-Albert, Nains à châssis très hâtifs, Ridé de Knight, Express, etc.).

a. J'ai fait fleurir des plantes à l'arrière-saison (plantes en pots) ou tout au début du printemps dans un endroit peu ensoleillé. J'ai obtenu ainsi, au lieu de graines jaune orangé, des graines jaune citron ou uniformément verdâtres ou striées de vert, ou des graines ridées au lieu de rondes dès la première ou la seconde ou la troisième génération soumise au même régime. Et cet état a été tout de suite totalement ou partiellement héréditaire dans des conditions de nutrition et d'assimilation moyennes (pleine terre).

b. J'ai enfermé des fleurs de pois dans des cornets au fond desquels j'avais mis une boulette de coton imbibée d'éther pendant un temps variant d'un quart d'heure à 20 minutes (l'opération fut renouvelée plusieurs fois par jour). J'ai obtenu les mêmes résultats que dans les expériences précédentes mais, cette fois, beaucoup plus marqués. J'ai récolté par exemple, dès la première génération, des graines de teinte vert foncé totalement héréditaire au lieu de jaune orangé.

Et, maintenant, si les plantes nées des graines modifiées par suite des opérations précédentes sont amenées à se développer dans des conditions d'assimilation et de différenciation, non plus moyennes seulement, mais extra-favorables, ces plantes et surtout les gamètes qu'elles mûrissent sont susceptibles de présenter de nombreuses mutations, en un mot, ceux-ci sont dans l'état d'affolement si souvent décrit par les horticulteurs. Les mutations consistent soit dans la réapparition des caractères disparus, soit dans l'apparition de caractères variétaux nouveaux pour l'espèce de pois considérée mais connus dans d'autres espèces de pois. Les caractères qui

réapparaisent ou apparaissent d'abord dans ces conditions sont des caractères mendéliens qui correspondent, cette fois, non pas à des caractères avortés, mais au contraire, à des caractères pleinement développés (pigment des fleurs, parchemin des gousses, hauteur des tiges, grosseur des graines, etc.). Ces caractères sont complètement héréditaires et très généralement, dans les croisements, entièrement dominants. Le développement de caractères nouveaux est souvent accompagné, immédiatement ou dans les générations suivantes, de l'avortement de caractères anciens mais ce dernier est consécutif au premier car il ne se produit pas nécessairement et, en tout cas, ne se produit jamais sans le premier.

Les phénomènes sont inverses lorsqu'on crée des conditions défavorables : c'est l'avortement de caractères anciens qui se produit d'abord.

L'affolement des plantes mutantes prend fin lorsque les caractères développés sont assez nombreux et équilibrés. Le nombre de ces caractères développés est limité mais indéterminé.

En résumé, d'après les expériences faites pendant 5 années (1922-1926), dans une plante stable donnée, un petit nombre seulement de caractères variétaux héréditaires, déjà déterminés dans l'embryon, sont appelés à s'extérioriser. Pour que de nouveaux caractères héréditaires, jusque-là latents, puissent s'extérioriser, il faut d'abord que d'anciens entrent en régression. Les caractères se montrent interchangeables, mais non transformables.

Ces caractères, normaux et exclusivement variétaux, se substituent les uns aux autres par une mutation normalement brusque, bien que pouvant être graduelle. Ils sont strictement déterminés, identiques dans toutes les variétés de pois et en nombre limité, formant ainsi un patrimoine héréditaire fixe.

Leur apparition et leur disparition constituent les seules variations héréditaires susceptibles d'être indéfiniment stables.

BOTANIQUE. — *Les algues perforantes de la mer Noire.*
Note de M. G. NADSON, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai visité plusieurs fois la côte méridionale de la Crimée et les environs de Batoum dans le but d'y étudier la distribution des algues perforantes. La baie de Sébastopol est particulièrement propice à l'étude des êtres microscopiques qui perforent et détruisent les diverses substances calcaires.

Les côtes de la baie, formées par des roches calcaires miocènes, tantôt descendent en pente douce, tantôt forment des falaises escarpées.

Au fond de l'eau, les rochers, les plates-formes, les pierres et les galets de différentes dimensions sont tous couverts de taches verdâtres ou bleuâtres, ou même complètement colorés en ces teintes qui proviennent de la croissance dans le calcaire d'une infinité d'algues microscopiques perforantes. Ce sont surtout les Chlorophycées *Gomontia polyrhiza* Born. et Flah. et *Ostreobium Quekettii* Born. et Flah. et les Cyanophycées *Hyella cæspitosa* Born. et Flah. et *Mastigocoleus testarum* Lagerh. Elles végètent ici toute l'année et, de concert avec les mollusques perforants (surtout *Petricola lithophaga*), contribuent à la destruction du rivage. Il faut voir l'étendue des roches calcaires attaquées par les algues perforantes pour bien se rendre compte de l'importance de leur rôle dans la mer Noire. Ce sont de préférence les roches dures qui leur servent d'habitation. J'ai pu constater dans l'île de Rügen dans la mer Baltique qu'elles évitent la craie, trop friable pour leur fournir l'asile sûr à la recherche duquel elles s'enfoncent dans la pierre. Les coquilles, vides ou habitées, des mollusques les plus divers, leur servent aussi de demeure. Le banc d'huîtres de la baie de Sébastopol, d'une longueur assez considérable, présente un grand intérêt au point de vue de l'étude des algues perforantes. J'ai pu l'étudier à la profondeur de 8-20^{m}. Les algues s'attaquent surtout aux huîtres (*Ostrea taurica*), et il est rare de trouver une coquille entièrement intacte.

Elles poursuivent énergiquement leur travail destructeur de concert avec l'éponge *Cliona vastifica* qui pratique aussi dans le test de nombreuses galeries, *Tapes rugatus*, *Pecten ponticus*, *Nassa reticulata*, *Cardium edule*, etc., en sont aussi fréquemment infestés et il n'y a probablement aucune espèce de mollusque qui en soit complètement préservée. Elles attaquent enfin le test des *Balanes*, les tubes calcaires des vers *Potamoceros triquetroides* et *Spirorbis pusilla*, le tégument calcaire si délicat des Bryozoaires *Lepralia pallasiana* et *Mempranipora*. Ces derniers doivent même aux algues leur couleur verdâtre ou bleuâtre [1]. Elles perforent et dissolvent le carbonate

---

[1] Il est à remarquer qu'à une profondeur plus grande, de 10^{m} à 20^{m} environ, *Ostreobium*, aussi bien que *Hyella* et *Mastigolèus* ne sont pas colorés en vert ou vert bleuâtre, mais en rouge. C'est le résultat de l'adaptation chromatique aux conditions d'éclairage. Ce fait est exposé plus en détail dans mon article *Sur l'adaptation chromatique des algues marines.* (Mélanges botaniques offerts à M. *J. Borodine* à l'occasion de son jubilé, Léningrad, 1927; en russe avec résumé détaillé en français).

de chaux (qu'elles transforment en bicarbonate) qui cémente les coquilles et leurs débris en blanc calcaire. Enfin elles s'établissent dans le test des moules (*Mytilus galloprovincialis*) *et Patella pontica* qui se rencontrent parfois en énorme quantité à une profondeur moins grande, et elles perforent la mince croûte rose formée par l'algue calcaire *Melobesia cystosciræ* dont sont souvent recouvertes les coquilles de ces mollusques. Nous avons déjà énuméré les espèces les plus fréquentes des algues perforantes de la mer Noire. Nous y joindrons les formes suivantes que nous avons rencontrées à Sébastopol et en plusieurs points de la côte méridionale de la Crimée : *Plectonema terebrans* Born. et Flah., *Hyella cæspitosa*, var. *spirorbicola*, Hansg., *Mastigocoleus testarum*, var. *gracilis*, Hansg., *Phæcophila Engleri* Reinke et *Conchocelis rosea* Batters. Ces deux dernières espèces sont rares.

Près de Batoum, j'ai trouvé en grande quantité *Ostreobium Queketti* ainsi que *Hyella* et *Mastigocoleus* avec leurs variétés, et *Conchocelis rosea* dans le test de *Nassa*, *Mytilus*, *Patella*, *Balanus*, et aussi sur les Bryozoaires. Près d'Odessa, *Comontia polyrhiza* et *Hyella cæspitosa* sont excessivement abondantes dans le test des moules et dans les rochers calcaires. J'ai aussi rencontré les algues perforantes à l'embouchure et dans le cours inférieur du Boug Méridional dans l'eau faiblement salée qui devient même parfois complètement douce (*Gomontia*, *Ostreobium*, *Hyella* et *Mastigocoleus*). Ici aussi ces espèces sont très fréquentes.

Les algues perforantes se rencontrent surtout depuis la surface de la mer jusqu'à la profondeur de 20 à 25^{m}. Dans la mer Noire, je n'en ai jamais trouvé de vivante à une profondeur dépassant 40^{m}. Quant à *Hyella*, elle peut vivre dans les rochers calcaires émergeant de la mer qui ne sont mouillés que par les embruns. Elle forme parfois ici les gonidies du lichen *Verrucaria* (*Lithoicca*).

En résumé, les algues perforantes sont excessivement répandues dans la mer Noire et elles jouent un rôle très important dans la destruction des côtes calcaires, des bancs d'huîtres, des amas de coquillage, et en général, de toutes les substances calcaires.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la solubilisation du soufre élémentaire et la formation des hyposulfites dans une terre riche en azote organique*. Note de MM. **G. Guittonneau** et **J. Keilling**, présentée par M. Lindet.

L'un de nous a antérieurement montré qu'en présence de matières organiques, et dans des milieux de culture liquides qui restent neutres ou qui

deviennent alcalins, le soufre élémentaire peut être transformé en sulfates par un processus microbien complexe au cours duquel il est tout d'abord solubilisé à l'état d'hyposulfites (¹).

Depuis lors, nous avons réussi à mettre en évidence des phénomènes du même ordre dans la terre elle-même.

Des études directes et convenablement orientées nous ont en effet montré que, dans la terre du jardin de l'Institut agronomique de Paris, le travail microbien peut solubiliser le soufre précipité à l'état de combinaisons oxydables avant de le transformer en sulfates. Parmi les produits solubles et oxydables ainsi apparus, nous avons trouvé des hyposulfites en proportions variables, mais avec une grande régularité lorsque la terre d'expérience avait été enrichie en azote organique facilement ammonisable (peptone).

Toutes nos expériences sur ce sujet ont été conçues sur un même plan dont le principe était le suivant :

La terre tamisée (tamis n° 15) et rendue aussi parfaitement homogène que possible était divisée en 5 lots qui recevaient respectivement, par kilogramme de terre sèche : *Lot n° 1*. Carbonate de calcium de 20 à 30ᵍ. — *Lot n° 2*. Carbonate de calcium de 20 à 30ᵍ, soufre précipité de 6 à 7ᵍ. — *Lot n° 3*. Carbonate de calcium de 20 à 30ᵍ, soufre précipité de 6 à 7ᵍ, peptone Chapoteaut de 4 à 5ᵍ. — *Lot n° 4*. Carbonate de calcium de 20 à 30ᵍ, peptone Chapoteaut de 4 à 5ᵍ. — Le carbonate de calcium, le soufre et la peptone étaient très intimement mélangés à la terre et celle-ci, abandonnée à la température du laboratoire, était maintenue à un degré d'humidité voisin de 17 pour 100 et remuée de temps à autre. Un *lot n° 5*, préparé comme le lot n° 3, était en outre stérilisé à l'autoclave 3 jours de suite à 130° pendant 1 heure, maintenu à l'abri des poussières de l'air et arrosé aseptiquement avec de l'eau stérile.

A des intervalles de temps déterminés, nous avons analysé les extraits aqueux des terres des différents lots. Ces extraits étaient préparés à froid et nous nous sommes attachés à les obtenir parfaitement limpides pour éviter la présence du soufre colloïdal dans le liquide. Les résultats analytiques ainsi obtenus ont permis, par comparaison, de suivre la marche de la solubilisation du soufre dans les lots n° 2 et n° 3.

L'étude de cette solubilisation nous a amenés à faire les constatations suivantes :

(¹) G. Guittonneau, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1142; **181**, 1925, p. 261; **182**, 1926, p. 661; **184**, 1927, p. 45.

1° Dans les lots n° 2 et n° 3 la solubilisation du soufre est plus rapide que la formation des sulfates solubles. Toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse de cette solubilisation est considérablement accrue par la présence de la peptone.

Exemple. — Dans une de nos expériences il s'est solubilisé par kilogramme de terre sèche :

En 7 jours, dans le lot n° 2.......	280^{mg} de soufre dont 71 seulement sous la forme de sulfates solubles.
» dans le lot n° 3.......	822^{mg} de soufre dont 74 seulement sous la forme de sulfates solubles.
En 100 jours, dans le lot n° 3.....	2082^{mg} de soufre dont 986 seulement sous la forme de sulfates solubles.

2° Si au cours d'une même expérience, on considère l'écart enregistré entre le chiffre qui exprime la richesse d'une terre en soufre soluble total et celui qui correspond au soufre de ses sulfates solubles, on peut remarquer que cette différence, après avoir augmenté rapidement, diminue et finit par devenir nulle.

Exemple. — Dans le lot n° 3, au cours de l'expérience dont nous avons parlé ci-dessus, on a enregistré entre le soufre soluble total et le soufre des sulfates solubles les écarts reproduits dans le tableau suivant (résultats exprimés en milligrammes de soufre pour 1^{kg} de terre sèche).

Temps écoulé depuis le début de l'expérience...	7 jours.	100 jours.	868 jours.
Écart enregistré entre le soufre soluble total et le soufre des sulfates solubles..........	97	1245	0

3° Tous les phénomènes observés sont d'ordre microbien, car ils ne se produisent jamais d'une manière appréciable dans les lots n° 5.

Ces diverses observations nous ont permis de conclure :

a. Qu'entre le soufre élémentaire et le soufre totalement oxydé des sulfates, le métabolisme microbien peut faire apparaître dans le sol des formes intermédiaires du soufre qui finissent elles-mêmes par se transformer en sulfates ;

b. Qu'une ammonisation active semble favoriser la formation de ces produits intermédiaires.

Parmi les produits intermédiaires dont nous avons ainsi démontré la formation, nous n'avons jamais constaté la présence des sulfures. Par contre, au bout de quelques jours d'expérience, nous avons quelquefois vu apparaître de petites doses d'hyposulfites dans les lots n° 2 (au maximum

67mg d'anhydride hyposulfureux par kilogramme de terre sèche) et nous avons toujours trouvé ces composés dans les lots n° 3 à des doses qui ont varié de 102 à 2280mg d'anhydride hyposulfureux par kilogramme de terre sèche.

Nous ne pouvons reproduire ici tous les chiffres qui sont nécessaires pour illustrer d'une manière complète une seule de nos expériences. On trouvera ces chiffres dans le texte d'une Communication qui sera faite par l'un de nous au premier Congrès international de la Science du Sol à Washington (juin 1927).

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Relations entre le développement du foie et celui des glandes sexuelles chez quelques poissons cartilagineux.* Note de M. **Émile André**, présentée par M. L. Joubin.

Pendant les vacances de 1926 nous avons séjourné au Laboratoire maritime du Collège de France à Concarneau pour y préparer une série d'échantillons d'huile d'animaux marins d'origine certaine. Sur les matériaux que nous avons recueillis, soit à Concarneau, soit à Lorient, nous avons fait un certain nombre de remarques concernant le développement du foie et sa teneur en graisse chez divers squales ou raies. Les animaux sur lesquels nous avons prélevé cette glande ont pu, le plus souvent, être mesurés et pesés; parfois cependant, la pesée n'a pu être faite, soit parce que les instruments nécessaires faisaient défaut, soit parce que la taille des animaux les rendait peu maniables.

Nous avons constaté que chez les sujets jeunes, le foie, malgré sa grande activité comme organe de digestion et de nutrition, est petit et pauvre en graisse; les exemples les plus nets nous ont été fournis par le Requin-peau bleue.

Carcharias glaucus, Linné [Animaux jeunes (mâles)].

Longueur.	Poids total.	Poids du foie.	Rapport. Poids du foie / Poids total.	Quantité d'huile extraite.	Rendement du foie en huile % d'organe frais.
m	kg	kg		kg	
1,20	6,200	0,300	0,048	0	0
1,70	11,300	0,600	0,053	0	0
		Animaux adultes (mâles).			
3,50	»	11,000	»	2,865	26
2,90	»	11,000	»	3,200	29

L'huile contenue dans les foies a été extraite par cuisson au bain-marie du tissu hépatique divisé en petits fragments, elle vient surnager, on la prélève; le résidu est égoutté et exprimé entre plusieurs doubles de tarlatane. La totalité de l'huile n'est pas extraite par ce procédé mais il est des plus simples, c'est lui qui est utilisé dans l'industrie pour extraire les huiles de foies.

Chez les animaux adultes, le foie des mâles est en général plus petit et moins riche en huile que celui des femelles, particulièrement quand celles-ci sont en gestation d'œufs. On trouvera dans le tableau ci-dessous quelques exemples fort nets.

Milandre ou Hâ (Galeus canis, *Rondellet*).

	Sexe.	Longueur.	Poids total.	Poids du foie.	Rapport. Poids du foie / Poids total	Quantité d'huile extraite.	Rendement du foie en huile % d'org. frais.
		m	kg	kg		kg	
1...	♂	1,50	17,000	1,370	0,77	0,400	29
2...	♂	1,50	17,000	1,400	0,87	0,400	28,5
3*..	♀ (1)	1,50	17,500	1,850	0,109	0,850	47

Grande Roussette (Scyllium stellare, *Linné*).

	Sexe.	Longueur.	Poids total.	Poids du foie.	Rapport.	Quantité d'huile extraite.	Rendement %
1...	♂	1,00	3,900	0,100	0,025	0,020	20
2...	♀ (1)	1,00	4,500	0,280	0,062	0,140	50

Pocheteau blanc (Raja batis, *Linné*).

	Sexe.	Longueur.	Largeur.	Poids total.	Poids du foie.	Rapport.	Quantité d'huile extraite.	Rendement %
		m	m					
1...	♂	1,80	1,30	40,000	1,800	0,045	0,400	22,2
2...	♀	2,10	1,40	76,000	6,400	0,084	2,700	37,5
3...	♀ (1)	2,00	1,40	55,000	4,600	0,083	2,400	52,0

Les conclusions qui paraissent résulter de nos observations sont les suivantes : chez les plagiostomes, le développement du foie et l'importance des réserves adipeuses qu'il contient semblent être en relation étroite avec le développement et l'état fonctionnel des glandes sexuelles. Chez les jeunes, la fonction adipogénique semble rester latente jusqu'à la maturité sexuelle; chez les adultes, le foie des mâles est en général plus petit et moins riche en graisse que celui des femelles.

Quelques observations analogues avaient déjà été faites en 1912 au laboratoire de physiologie de la Station zoologique de Naples par Poli-

(1) Femelle en gestation d'œufs.

manti ([1]) et par Reach ([2]) sur la Torpille tachetée, la Pastenague violacée et la Petite-Roussette.

Chez les poissons osseux, Gadidés notamment, de semblables particularités semblent exister aussi. Des ouvriers mareyeurs de Lorient, continuellement occupés à vider et à décapiter des Merlus, nous ont dit avoir remarqué depuis longtemps que le foie des femelles prises « à l'époque où la rogue n'est pas encore mûre » sont les plus gros et les plus riches en huile. Des expériences en cours nous laissent croire qu'il sera possible de tirer parti de ces indications pour préparer des huiles de foies de poissons riches en vitamines.

BIOLOGIE. — *Sur les rayons mitogénétiques et leur identité avec les rayons ultraviolets*. Note de MM. **A. Gurwitsch** et **G. Franck**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note précédente ([3]), l'un de nous a indiqué diverses sources de rayonnement mitogénétique. Parmi les tissus embryonnaires animaux, on peut citer l'encéphale des jeunes têtards et les ganglions lymphatiques de très jeunes rats blancs (Mlle Sousmanovitch). Encéphale et ganglions lymphatiques ont été utilisés en émulsion fraîchement préparée dans du sérum physiologique. On peut du reste constater l'émission de rayons mitogénétiques par la tête du têtard vivant (Anikin).

Pour les racines de l'oignon, on a pu prouver que la source du rayonnement ne réside pas en elles-mêmes, mais dans la base de chaque racine qu paraît être autonome. En triturant la base d'un oignon dans un mortier avec quelques gouttes d'eau, on obtient une émulsion, qui émet étant fraîche (pendant à peu près une demi-heure) des rayons mitogénétiques. Par un procédé analogue à celui qui a été employé par R. Dubois dans ses recherches classiques sur la luciférine et la luciférase, nous avons pu séparer cette émulsion en deux portions qui, isolées, sont inactives, mais donnent un rayonnement efficace une fois mélangées. Nous avons donné aux deux substances en question les noms provisoires de *mitotine* et de *mitotase*, cette dernière paraissant être une oxydase.

Le pouvoir mitogénétique du sang a pu être prouvé tant sur le vivant (à travers les parois de la veine abdominale) qu'avec du sang hémolysé *in vitro*.

([1]) Polimanti, *Biochem. Zeitschr.*, 38, 1912, p. 497.
([2]) Reach, *Biochem. Zeitschr.*, 40, 1912, p. 128.
([3]) A. et L. Gurwitsch, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 841.

Sorin a pu prouver qu'ici il s'agit aussi d'une action oxydante de l'oxyhémoglobine sur certaines matières encore inconnues du sérum du sang.

Le surplus des mitoses, dont il s'agit, comporte 20-80 pour 100 du taux total des mitoses, en comptant séparément celles du côté non exposé aux rayons mitogénétiques et en comparant les chiffres avec ceux du côté exposé. Des coupes longitudinales bien orientées doivent être faites pour cette opération. On peut limiter le compte à 12-15 coupes à 10^{μ} intéressant le plan médian de la racine.

Les preuves qu'il s'agit bien d'énergie rayonnante sont concluantes. Il a été démontré que : 1° l'induction de mitoses se fait à travers l'air et l'eau jusqu'à une distance de 38^{mm} (le maximum examiné); 2° que l'influence se propage d'une façon rectiligne; 3° qu'elle est sujette à une réflexion régulière; 4° qu'elle traverse des lames de quartz cristallin, de minces couches de divers tissus (pellicule d'oignon, péricarde et paroi de veine de grenouilles); 5° par contre l'effet d'induction disparaît à la suite de l'interposition d'une lame de verre et d'une mince couche de gélatine.

Les données des points (4) et (5) ont amené à supposer que les rayons mitogénétiques ne sont autres que des rayons *ultraviolets* d'une longueur approximative de 2000 angströms.

Cette dernière supposition, sujette à objections, vient de recevoir une preuve qui nous paraît être décisive. Les deux auteurs de cette Note ont étudié les raies du spectre ultraviolet, obtenu au moyen d'un spectrographe à optique en quartz. En employant comme source lumineuse les étincelles de décharge d'une bobine de Ruhmkorff entre électrodes d'aluminium, on obtient les raies du spectre jusqu'à 1860 angströms. Leurs longueurs d'onde sont de 1860, 1930, 1990, 2030, 2100, 2370, 2670 angströms. En plaçant les racines d'oignon, montées dans un appareil qui a été décrit antérieurement, vis-à-vis de chacune des raies mentionnées, nous avons obtenu d'une façon tout à fait constante les résultats suivants :

Longueur d'onde.	Différence pour 100 entre le nombre de mitoses dans les deux moitiés d'une racine (surcroît des mitoses du côté exposé aux rayons) (¹).
1860	1
1930	28
1990	27
2030	25
2370	20
2670	—1,2

(¹) Ne sont donnés que les chiffres moyens pour chaque catégorie.

Nous voyons donc que précisément les longueurs d'onde d'ultraviolet que nous venions de soupçonner et *elles seules* influencent les mitoses dans les racines. La coïncidence paraît trop frappante pour être due au hasard.

BIOLOGIE. — *Radiations mitogénétiques et genèse des tumeurs.* Note de M. **Joseph Magrou** et de Mme **Madeleine Magrou**, présentée par M. F. Mesnil.

Partant des recherches de radiochimie de M. Jean Perrin, l'un de nous a été amené naguère à suggérer que la division caryocinétique des cellules pouvait être provoquée par une radiation de fréquence convenable ([1]). Parvenu, de façon indépendante, à une hypothèse analogue, M. Gurwitsch paraît bien avoir réussi à montrer que divers tissus embryonnaires végétaux et animaux émettent un rayonnement capable de provoquer à distance des caryocinèses dans un autre tissu en voie de croissance ([2]). On peut de même se demander si une action de cette nature n'intervient pas dans la genèse des tumeurs et si certains parasites cécidogènes tels que le *Bacterium tumefaciens*, agent du cancer des plantes, n'agissent pas ainsi à distance sur les cellules dont ils provoquent la prolifération.

Pour nous en assurer, nous avons répété les expériences de M. Gurwitsch en remplaçant les tissus inducteurs dont il faisait usage par une émulsion de ce microorganisme. L'une des racines en voie de croissance d'un bulbe d'oignon est immobilisée, en position verticale, dans un tube de verre interrompu à sa partie inférieure, sur une longueur de 3 à 4^{mm}, correspondant à la zone de croissance. La racine est arrosée de façon continue pendant toute la durée de l'expérience, de telle sorte que sa portion libre est entourée d'un manchon d'eau courante. L'axe de cette zone libre est visé par une pipette horizontale finement effilée (diamètre $0^{mm},2$ environ) renfermant une suspension de *Bact. tumefaciens* dans du bouillon nutritif. La suspension affleure l'extrémité effilée, maintenue à 2 ou 3^{mm} de distance de la racine en expérience. Les choses sont laissées en place pendant 3 heures, après quoi l'extrémité inférieure de la racine est débitée en coupes sériées de 10^{μ}, parallèlement au plan qu'avaient déterminé la racine et la pipette.

([1]) J. Magrou, *Essai sur l'étiologie du cancer* (*Presse médicale*, **31**, 28 mars 1923, p. 285).

([2]) A. Gurwitsch, *Arch. f. Entwicklungsmech.*, **100**, 1923, p. 11; *C. R. Soc. Biol.*, **91**, 1924, p. 87. — A. et L. Gurwitsch, *Comptes rendus*, **124**, 1927, p. 1.

On dénombre, dans toute la série des coupes, les mitoses situées de part et d'autre de la ligne médiane (quelques milliers par racine), et l'on constate qu'au voisinage du plan vertical défini par l'axe de la racine et la pointe effilée, elles sont notablement plus nombreuses dans la moitié exposée à l'émulsion microbienne que dans la moitié opposée. L'expérience a été répétée sept fois et a toujours donné le même résultat, l'excès de mitoses du côté induit étant en moyenne de 11,5 pour 100 dans la tranche médiane influencée. Dans les racines non soumises à l'induction, les mitoses se répartissent également de part et d'autre du plan médian (différence d'un côté à l'autre égale à 0,4 pour 100).

On pourrait supposer, dans l'hypothèse d'un rayonnement progressivement absorbé pendant son parcours à travers la racine, que l'excès de mitoses serait surtout marqué dans les assises cellulaires les plus superficielles. En fait, si l'on se borne à compter les mitoses, de part et d'autre de la racine, dans les six assises les plus externes (à l'exclusion de l'assise pilifère), on constate que la dissymétrie signalée plus haut s'atténue, que parfois même elle change de sens. Par contre, si l'on dénombre les mitoses dans deux bandes symétriques de $0^{mm},05$ de large, situées immédiatement en dedans de ces assises peu sensibles, on voit la différence entre les deux côtés s'accentuer notablement (l'excès de mitoses du côté induit passant, par exemple, dans l'une des expériences, de 8,46 à 16,27 pour 100). C'est donc par suite de la sensibilité spéciale des cellules plus profondes, d'ailleurs différentes morphologiquement, que l'action mitogénétique se fait sentir à ce niveau avec plus d'intensité.

Ainsi le *Bact. tumefaciens* peut provoquer à distance, à travers une couche d'air et d'eau, des mitoses dans les cellules aptes à se diviser. L'hypothèse d'un rayonnement mitogénétique émis par la bactérie donne l'explication qui nous paraît le plus vraisemblable. Mais on pourrait aussi imaginer l'action d'un produit volatil émané de la culture et diffusant au travers de l'air. Des expériences photographiques sont en cours, en vue de décider entre ces deux hypothèses. Quoi qu'il en soit, l'action mitogénétique observée est en accord avec ce fait que le *Bact. tumefaciens*, dans les tumeurs qu'il provoque, est souvent situé, comme l'un de nous l'a montré [1], à distance des cellules dont il détermine la prolifération.

---

[1] J. Magrou, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 804.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence des rayonnements astraux sur l'oscillation des cellules vivantes.* Note de M. **Georges Lakhovsky**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai cherché à vérifier l'exactitude de ma théorie de l'influence des rayons pénétrants (cosmiques) sur les êtres vivants [1] en étudiant l'action du rayonnement des astres (taches solaires, comètes, interférences des radiations astrales, etc.), sur la matière biologique.

J'ai utilisé les courbes relevées par les astrophysiciens de l'Observatoire de Meudon, courbes traduisant depuis 1845 l'activité des taches solaires, de la fréquence des perturbations magnétiques et de la fréquence des aurores polaires. On sait que ces trois courbes ont des formes analogues.

En ce qui concerne le vin, d'après la documentation établie par les Chambres de Commerce de Bordeaux et de Bourgogne, j'ai constaté que depuis 1845 jusqu'à 1915, les années remarquables correspondaient exactement à un maximum d'activité des taches solaires.

Les résultats pour le vin de Bordeaux rouge sont les suivants :

Maximum de 1848 : années remarquables de 1847 et 1848.

Maximum de 1858 : années remarquables de 1857 et 1858.

Maximum de 1869 : années remarquables de 1869 et 1870.

Période de 1880 *à* 1889 : période phylloxérique.

Maximum de 1893 : assez bonnes années de 1890 à 1893.

Maximum de 1906 : bonnes années de 1906 et 1907.

Signalons en outre le vin célèbre de 1811, que l'on appelait Vin de la Comète et dont on peut imputer l'excellente qualité au rayonnement de cette comète. Il en est de même pour les vins blancs de Bordeaux et les vins de Bourgogne, pour lesquels on retrouve sensiblement la même correspondance. Je continue actuellement ces recherches sur les végétaux et les animaux en général.

On peut induire de ces faits que les radiations astrales ont une action incontestable sur l'oscillation des cellules vivantes.

---

(1) Georges Lakhovsky, *L'origine de la vie, la radiation et les êtres vivants* (éditions Nilsson, 1926).

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *L'influence des radiations astrales sur les vins.* Note de M. **Henri Mémery**.

Il est exact que les années où les taches solaires se montrent très nombreuses sont caractérisées, au point de vue vinicole, par une récolte abondante et une qualité exceptionnelle ([1]). Des recherches très complètes sur cette question ont été faites, il y a plus de vingt ans, à l'Observatoire de Talence et les résultats ont été publiés notamment au *Bulletin de la Société Astronomique de France* (janvier 1906, p. 18) et dans la *Feuille Vinicole de la Gironde* (février 1907).

Il est un point toutefois sur lequel il semble que des précisions sont nécessaires. On attribue, par exemple, aux radiations astrales de la comète de 1811 l'abondance et la qualité du vin de cette année-là. Est-ce bien la cause véritable?

N'oublions pas que les années de grande abondance de vin 1847-1848, 1858-1859, 1869-1870, 1883-1884, 1893, 1906-1907, 1918-1919 sont des années chaudes. Or, dans nos climats, toutes les recrudescences de taches solaires sont suivies de températures élevées, et l'on sait que, pour qu'une année soit bonne au point de vue agricole, il est nécessaire que le printemps et l'été présentent des températures supérieures à la moyenne.

C'est pour cela que d'autres années ne coïncidant pas avec une grande activité solaire, mais ayant été favorisées par la température, sont également remarquables par la quantité et la qualité du vin : 1865, 1875, 1899 et 1900, 1911, 1921.

La question se résume donc à savoir si ce sont seulement les radiations astrales qui déterminent l'abondance des récoltes, ou bien si c'est la température, quand cette dernière est suffisamment élevée; si les radiations astrales exercent une influence, celle-ci ne paraît pas agir directement, mais par l'intermédiaire de la température.

Rappelons qu'il existe dans un siècle neuf périodes solaires de 11 ans en moyenne; si nos températures sont régies par les phénomènes du Soleil, nous devons retrouver sensiblement les mêmes températures à un siècle d'intervalle. C'est précisément ce qui s'est produit, 1911 ayant été semblable à 1811 en tant que qualité du vin, et pourtant nous n'avons pas vu de

(1) Voir la Note ci-dessus de M. Lakhovsky.

comète en 1911; nous avons eu, en 1910, la comète de Halley qui ne nous a donné ni hautes températures, ni bonnes récoltes.

Les années de grande activité solaire étant des années de grande production agricole, on doit trouver de faibles rendements lors des époques où le Soleil s'est montré avec très peu de taches : 1923-1925, 1912-1913, 1901-1902, 1888-1890, 1878-1879, etc., sont en effet des années froides coïncidant avec un très petit nombre de taches solaires.

L'influence du Soleil apparaît nettement quand on effectue, jour par jour, des comparaisons entre les variations continuelles qui se produisent sur la surface du Soleil, d'une part, et, d'autre part, les variations des divers phénomènes météorologiques ou biologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Préparation des polypeptides contenant les noyaux phosphoré et ferrique de l'ovovitelline.* Note de MM. **Swigel** et **Théodore Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

L'un de nous, par l'étude des polypeptides phosphorés isolés des produits de digestion trypsique de la caséine, a pu déterminer le noyau phosphoré de ce protide ([1]). Nous avons étendu ces recherches à la vitelline du jaune d'œuf, comprise avec la caséine dans le groupe des para- ou pseudonucléoprotides.

Le jaune d'œuf épuisé à l'alcool bouillant n'étant pas attaqué directement par la trypsine, nous sommes partis de son produit de digestion pepsique, l'hématogène de Bunge ([2]).

Sous l'action d'un extrait pancréatique très actif, en milieu carbonaté sodique, l'hématogène est profondément dégradé, déjà après 48 heures. De la liqueur de digestion, il est facile d'isoler trois polypeptides phosphorés dont les rapports atomiques $\frac{P}{N}$ sont respectivement $\frac{1}{1,75}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{3}$ et que, par analogie avec les lactotyrines, nous désignerons sous le nom d'*ovotyrines* α, β et γ.

C'est sur l'ovotyrine β qu'est fixé le fer du jaune d'œuf; il est, en outre, possible de fractionner ce polypeptide en deux parties (identiques par ailleurs) : β_1 presque dépourvue de fer, β_2 qui en contient près de 3,5 pour 100.

Mode de séparation. — La liqueur de digestion trypsique de l'hémato-

([1]) S. Posternak, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 307.

([2]) *Zeits. f. physiol. Chem.*, 9, 1885, p. 49.

gène, accidulée par l'acide acétique et filtrée, est précipitée par un excès d'acétate de plomb. Le précipité plombique qui ne renferme que les fragments phosphorés et ferriques, est décomposé par du carbonate de soude; la solution de sels sodiques ainsi obtenue est saturée de sel marin, puis fortement acidifiée par l'acide chlorhydrique. Après un repos de quelques heures, on essore le précipité formé qui représente un mélange d'ovotyrines α et β. Du filtrat, on isole l'ovotyrine γ par l'intermédiaire de son sel de cuivre.

Pour séparer les ovotyrines α et β l'une de l'autre, on dissout leur mélange dans vingt fois son poids d'eau alcalinisée par du carbonate de soude et acidifie fortement par l'acide chlorhydrique. L'ovotyrine β se dépose; on la filtre et purifie par reprécipitation. Des filtrats réunis, on sépare l'ovotyrine α par addition de 1-2 volumes d'alcool.

Le fractionnement de l'ovotyrine β en β_1 et β_2, assez délicat, est basé sur la tendance du produit β_2 à précipiter le premier, lorsqu'on acidule la solution du mélange des sels sodiques. On dissout donc l'ovotyrine β dans 25-30 son poids d'eau additionnée d'une quantité déterminée de carbonate de soude et ajoute petit à petit un volume d'acide chlorhydrique $2n$ correspondant au carbonate de soude employé. La solution opalescente dépose, en 24 heures, un précipité gélatineux plus riche en fer que le produit initial; on le redissout et recommence ainsi l'opération 4-5 fois, ce qui permet d'élever la teneur en fer à 3,5 pour 100. Des filtrats, on précipite la fraction β par un excès d'acide.

Les ovotyrines sont des poudres blanches, insolubles dans les dissolvants organiques neutres et assez solubles dans l'eau, à l'exception de l'ovotyrine β; mais l'ovotyrine α est reprécipitée de ses solutions, si on les sature de sel marin, en présence d'un acide minéral. Les sels alcalins de tous ces produits, ainsi que les sels alcalino-terreux de l'ovotyrine γ sont solubles; les sels alcalino-terreux des autres ovotyrines, de même que les sels de métaux lourds, sont insolubles dans l'eau.

Tous ces polypeptides sont lévogyres. Ils donnent la réaction du biuret, pas celle de Millon; en outre, l'ovotyrine γ présente la réaction de Molisch.

L'ovotyrine β_2 se dissout à froid dans les alcalis sans précipitation d'hydrate ferrique; celui-ci apparaît, par contre, rapidement, à t° d'ébullition. Les sulfures, les sulfo- et ferrocyanures alcalins donnent immédiatement les réactions de l'ion ferrique, contrairement à ce que Bunge avait observé lors de l'étude de son hématogène. Ces réactions s'intensifient d'ailleurs avec le temps.

L'analyse assigne aux ovotyrines les formules suivantes

	Pour 100.		
	P.	N.	Fe.
Ovotyrine α $C^{21}H^{43}N^{7}O^{24}P^{4}$......	13,76	10,87	–
» β^{1} $C^{24}H^{48}N^{8}O^{26}P^{4}$......	12,55	11,33	–
» β^{2} $(C^{24}H^{18}N^{8}O^{26}P^{4})^{3}Fe^{2}$.	12,09	10,92	3,31
» γ $C^{46}H^{84}N^{12}O^{40}P^{4}$.....	7,90	10,70	–

Les ovotyrines α, β et γ représentent divers stades de dégradation de l'ovovitelline. La trypsine semble cliver les molécules de ce protide en des endroits différents, bien que rapprochés. Une fois détachés, les polypeptides résistent à l'action ultérieure de la trypsine. Les lactotyrines présentent la même propriété.

Enfin il est intéressant de noter que l'ovotyrine β est en partie préformée dans le jaune d'œuf, car 20 pour 100 du phosphore total peuvent en être extraits sous cette forme au moyen d'une solution de carbonate de soude à 5 pour 100. L'acide ovovitellique de Levene et Alsberg (¹) en est formé en grande partie. Si l'on abandonne une dizaine de jours, à l'étuve à 38°-40°, des jaunes d'œuf frais et battus, la quantité d'ovotyrine β extractible de cette manière est plus que doublée, ce qui prouve l'existence, dans le jaune, d'un ferment protéolytique.

Les chaînes peptidiques des ovotyrines étant plus courtes que celles des lactotyrines, elles se prêtent encore mieux que ces dernières à l'étude du noyau phosphoré du paranucléoprotéide dont elles dérivent.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essais de vaccination antirabique du lapin par la voie méningée.* Note de MM. **A.-C. Marie** et **S. Mutermilch**, présentée par M. Roux.

L'immunité antimicrobienne de la cavité méningée a déjà fait l'objet d'importantes recherches : l'un de nous a montré que l'on pouvait obtenir, par cette voie, une production locale d'hémolysines et aussi d'agglutinines contre le vibrion cholérique (²). Parmi les virus filtrants, nous avons choisi tout d'abord celui de la rage, en nous proposant d'immuniser contre elle des lapins, au moyen d'un vaccin introduit dans la cavité méningée, en l'espèce du virus fixe traité par l'éther.

(¹) *Zeits. f. physiol. Chem.*, 31, 1901, p. 543.
(²) S. Mutermilch, *C. R. Soc. Biol.*, **96**, 12 février 1927, p. 397.

On sait que l'éther sulfurique neutralise lentement et par couches successives, le pouvoir infectant dans un cerveau de passage immergé dans ce liquide depuis quelques jours; toutefois, l'expérience nous a montré que même après 3-4 jours d'immersion, la partie centrale d'un encéphale intact de lapin rabique peut avoir conservé sa virulence et provoquer la rage chez des animaux qui l'ont reçue par la voie intrarachidienne; aussi, dans nos recherches, nous utilisons maintenant le cerveau préalablement broyé avant son immersion dans l'éther, où il reste 5-6 jours à la température de la chambre, après quoi on peut exposer à l'air une mince couche de la substance cérébrale, que l'on purge ensuite de ses dernières traces d'éther sous le vide sulfurique. L'émulsion, préparée avec le cerveau ainsi desséché, est passée à travers un linge, et peut être injectée sans danger à la dose de $0^{cm^3},50$ dans la cavité méningée, suivant la technique précisée dans une communication antérieure [1].

Voici l'une des séries de ces expériences que nous poursuivons depuis quelque temps. Quatre lapins reçoivent, à une semaine d'intervalle, trois injections de $0^{cm^3},50$ de l'émulsion vaccinante à 1 pour 20, dans la cavité méningée; chaque fois, le liquide céphalorachidien, recueilli avant l'inoculation, a servi à préparer, à raison d'une partie de virus fixe au centième pour 2 parties du liquide, des mélanges qu'on injecte dans le cerveau chez les cobayes. Inactif avant, ainsi que 8 jours après la première vaccination, le liquide céphalorachidien s'est montré antirabique déjà 8 jours après la deuxième. Mais, dans une autre série, les lapins traités semblablement ont fourni un liquide doué d'un pouvoir très faible, sinon nul, et cette question doit être reprise.

Le fait intéressant, sur lequel nous insistons, c'est le degré d'immunité antirabique des lapins vaccinés par la voie intrarachidienne. En effet, sur ces quatre lapins, trois ont été éprouvés 22 jours après la troisième vaccination, par une injection *intracérébrale* de virus fixe, et ils sont encore bien portants un mois et demi après cette épreuve, tandis que les témoins ont pris la rage dans le délai habituel de six jours. On doit comparer à ces animaux d'autres lapins qui, injectés dans le péritoine avec le même virus-éther, n'ont pas résisté à l'épreuve *intraoculaire*. Enfin nous rappellerons que dans les expériences de Remlinger [2] sur la vaccination par le virus-éther administré sous la peau, des lapins avaient dû recevoir des doses de

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 95, 16 octobre 1927, p. 945.
(2) *Ann. Inst. Pasteur*, 33, 1919, p. 616.

plusieurs centaines de centimètres cubes, sans pouvoir, malgré cela, résister pour la plupart, à l'épreuve *sous-duremérienne*.

On peut donc conclure de nos premiers essais *que la voie intrarachidienne permet de vacciner le lapin contre l'épreuve la plus sévère, au moyen d'une quantité très faible* ($1^{cm^3},50$) *de substance cérébrale de lapin de passage devenue tout à fait avirulente par suite de son contact avec l'éther.*

La séance est levée à 15^h35^m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1927.

New Dynamical Wave-Theory of the Tides, by Thomas J. J. See. Washington, Government Printing Office, 1926; 1 vol. 23^{cm}.

Manuel de la classification décimale à l'usage des ingénieurs électriciens établi d'après le manuel du répertoire bibliographique universel de l'Institut international de bibliographie, par E. Beinet. Paris, *Revue générale de l'électricité*, 1926; 1 fasc. 22^{cm}. (Présenté par M. le général Sebert.)

L'intelligence et l'homme; études de psychologie et de physiologie, par Charles Richet. Paris, Félix Alcan, 1927; 1 vol. $22^{cm},5$.

Leçons sur les séries d'interpolation, par N. E. Nörlund. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926; 1 vol. $25^{cm},5$.

Les cancers et la physico-chimie, par A. Kotzareff et Roger Fischer. Paris, Vigot frères, 1927; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Charles Richet.)

Tratado de oceanografia, par Rafael de Buen y Lozano. Madrid, Mateu artes e industrias gráficas, 1926; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. Lallemand.)

Description et étude du cercle azimutal, par H. Roussilhe. Paris, Ministère des finances, Direction générale des contributions directes, de l'enregistrement, des domaines et du timbre; Service d'études pour la réfection ou la mise à jour du cadastre, 1926; 1 fasc. $32^{cm},5$. (Présenté par M. Lallemand.)

Théorie de l'adhérence transversale des roues d'une voiture automobile, indications sur la stabilité. — Étude mathématique sur la stabilité en ligne droite d'une voiture automobile. — Stabilité dans les virages et tenue de route d'une voiture automobile avec différentiel. — Stabilité et tenue de route d'une voiture automobile

sans différentiel, par D. Sensaud de Lavaud. Paris, chez l'auteur, 179, rue de la Pompe, 1926, 1927; 4 fasc. 24^{cm}.

Traité théorique et pratique des fraudes et falsifications, par F. Chesney et E. Roux. Tome II. Paris, Société anonyme du recueil Sirey, 1927; 1 vol. 22^{cm},5.

Flore générale de l'Indo-Chine publiée sous la direction de Henri Lecomte, rédacteur principal F. Gagnepain. Tome IV, fasc. 4 : *Solanacées* (fin), *Scrofulariacées*, par Bonati; *Orobanchacées*, par Fr. Pellegrin. Paris, Masson et Cie, 1927; 1 fasc. 25^{cm}.

La santé et le travail des femmes pendant la guerre, par Marcel Frois. Paris, Presses universitaires de France; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. Roux.)

Projet de bibliographie astronomique, in *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, par Jean Mascart. Lyon, 1927; 1 fasc. 24^{cm}.

Mémorial du Service géographique de l'Armée faisant suite au *Mémorial du dépôt général de la guerre*. Tome I : *Description géométrique du Maroc*. Paris, Imprimerie du Service géographique de l'Armée, 1926; 1 vol. 31^{cm}. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1927.

Revue sommaire des récents travaux sur le maintien et l'amélioration de la qualité des cotons égyptiens, par Victor M. Mosséri. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, 1927; 1 vol. 27^{cm},5.

Les catastrophes météorologiques de l'année et leurs causes, par le général Chapel. Paris, Charles Lavauzelle et Cie, 1927; 1 fasc. 21^{cm},5.

Über einige neue Anschauungen in der Tektonik, von W.-A. Obrutschew (in *Geologisches Archiv*, 4 Jahrg., 1927, p. 180).

Précis d'hygrométrie du bâtiment. Le problème de la conservation des matériaux, des habitations et des monuments, par A. Knapen. Paris, *Revue mensuelle de la Chambre syndicale des entrepreneurs de maçonnerie, ciment et béton armé de la Ville de Paris et du département de la Seine*, 1926; 1 fasc. 23^{cm},5. (Présenté par M. Breton.)

L'énergie des marées ou houille bleue. Notice explicative pour l'application des brevets de la Société « L'énergie des marées », par André Defour. Sans lieu ni date; 1 fasc. polycopié 24^{cm},5; 6 planches. (Présenté par M. Bigourdan.)

La chaleur et le froid, par A. Boutaric. Paris, Ernest Flammarion, 1927; 1 vol. 18^{cm},5. (Présenté par M. Charles Moureu.)

Faune de France. 14. *Diptères pupipares*, par L. Falcoz. Paris, Paul Lechevalier, 1926; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Leçons de cinématique, par Raoul Bricard. Tome II : *Cinématique appliquée*. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Chimie industrielle. La grande industrie chimique, les métalloïdes et leurs composés, les métaux et leurs sels, industries organiques, par Paul Baud. Paris, Masson et Cie, 1927; 1 vol. 24^{cm}. (Présenté par M. Charles Moureu.)

Die Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker, par Franz M. Feldhaus. Leipzig und Berlin, Wilhelm Engelmann, 1914; 1 vol. 27^{cm}.

Paroles prononcées aux obsèques de M. Haton de la Goupillière le 13 *janvier* 1927. (Extrait des *Annales des mines*, février 1927.) Paris, Dunod; 1 fasc. 21^{cm},5.

Conservation de la viande et du poisson, par C. BIDAULT. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1927; 1 vol. 23^{cm}.

Statistique mathématique, par CHARLES JORDAN. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 25^{cm},5.

Les systèmes d'équations aux dérivées partielles, par M. MAURICE JANET. Fasc. XXI du *Mémorial des sciences mathématiques.* Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. Hadamard.)

Sadi Carnot; biographie et manuscrit publiés sous le haut patronage de l'Académie des sciences avec une introduction de M. ÉMILE PICARD. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 vol. 28^{cm}.

Le opere di Alessandro Volta. Edizione nazionale. Volume quarto. Milano, Ulrico Hœpli, 1927; 1 vol. 30^{cm},5.

Un biologiste canadien : Michel Sarrazin 1659-1735, par ARTHUR VALLÉE. Québec, 1927; 1 vol. 25^{cm}.

De l'infra-rouge à l'ultra-violet. Les radiations lumineuses en physiologie et thérapeutique, par A.-C. GUILLAUME. Paris, Masson et Cie, 1927; 1 vol. 21^{cm}. (Présenté par M. d'Arsonval.)

De la contraction utérine et des dyscinésies corrélatives, par L.-A. DEMELIN. Paris, Gaston Doin et Cie, 1927; 1 vol. 21^{cm},5. (Présenté par M. Bazy.)

Nouvelles expériences sur les conditions mécaniques du vol des avions, par E. HUGUENARD, A. MAGNAN, A. PLANIOL. Paris, *Bulletin technique du Service technique de l'aéronautique*, décembre 1926 (n° 38); 1 fasc. 31^{cm},5. (Présenté par M. Rateau.)

ERRATA.

(Séance du 28 février 1927.)

Note de M. *Kolossoff*, Sur une transformation des équations de l'élasticité :

Page 512, ligne 5, formule (1), *au lieu de* $+\rho x$, *lire* $+\rho X$.

Page 513, ligne 3, *au lieu de* fonction arbitraire de z, *lire* fonction arbitraire de ζ; ligne 12, *au lieu de* Posons $\Psi = Z = 0$, *lire* Posons $\psi = Z = 0$; ligne 18, *lire*

$$\frac{2}{\mu}\frac{\partial p}{\partial \zeta_1} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} = 2\frac{\lambda+\mu}{\lambda}\frac{\partial^2 f_1}{\partial \zeta_1^2}.$$

(Séance du 28 mars 1927.)

Note de MM. *Huguenard*, *Magnan* et *Sainte-Laguë*, Sur la détermination cinématographique des polaires en vol des oiseaux, des planeurs et des avions :

Page 803, ligne 10, *au lieu de* Les variables sont ici v, τ, w, *lire* Les variables sont ici v, τ, φ.

Note de M. *H. Colin*, La saccharogénie dans la Betterave :

Page 836, ligne 3 en remontant, *au lieu de* isomériser le glucose, *lire* isomériser le glucose en excès.

Page 837, ligne 19, *lire* le rapport $\frac{\text{réducteur}}{\text{saccharose}}$ va diminuant.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AVRIL 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 20 avril au lieu du lundi 18.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Je voudrais, en ouvrant la séance, exprimer les sentiments de l'Académie à M. **A. Lacroix** à l'occasion de son retour. Depuis 7 mois nous faisions tous des vœux pour son voyage; aujourd'hui nous avons le plaisir de le revoir parmi nous; demain nous aurons l'avantage de l'entendre et de lui présenter nos félicitations : Nous savons, par expérience, que les voyages de M. Lacroix sont toujours glorieux pour la science française.

M. **A. Lacroix** remercie en ces termes M. le Président :

Monsieur le Président,

Je vous remercie des paroles si bienveillantes que vous venez de prononcer; j'ai fait de mon mieux pour représenter dignement l'Académie au brillant Congrès pan-pacifique qui s'est tenu à Tokyo en novembre dernier et sur lequel j'entretiendrai prochainement l'Académie. J'ai reçu au Japon un accueil des plus chaleureux, tout aussi bien qu'en Corée, en Mandchourie, en Chine, puis dans notre grande, belle et florissante colonie de l'Indo-Chine. C'est vous d'ailleurs, mes chers Confrères, que l'on a voulu honorer

en ma personne et j'ai pu constater avec émotion combien est grand le prestige de l'Académie dans ces lointains pays de l'Extrême-Orient.

Je tiens à remercier affectueusement mon confrère, M. Émile Picard, d'avoir bien voulu pendant si longtemps prendre la charge de me remplacer au bureau, et aussi mon confrère M. Bouvier de m'avoir suppléé à la séance annuelle de l'an dernier.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Costantino Gorini**, de l'Université de Milan, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Sur la longitude Paris-Greenwich.* Note de M. **G. Bigourdan**.

Jusqu'à une époque encore récente, une détermination astronomique et précise de longitude était une opération laborieuse et coûteuse, au moins quand on visait à toute la précision que comporte la détermination méridienne de l'heure locale; elle exigeait en effet une jonction électrique directe par fil, — une entente préalable pour l'échange des signaux —, des préparatifs longs ainsi que des échanges d'intruments et d'observateurs.

Cette méthode, que j'appellerai *ancienne*, peut maintenant être remplacée par une *nouvelle*, qui utilise les signaux horaires réguliers de T. S. F., et ainsi n'a pas les mêmes exigences : par celle-ci, en tout point de la terre où l'on connaît l'heure locale on peut déterminer la longitude avec une précision correspondant à celle de cette heure; et cela, chaque jour, sinon plusieurs fois par jour.

L'ancienne méthode a été appliquée à plusieurs reprises entre les méridiens de Paris et de Greenwich ; et je me propose de comparer son dernier résultat, considéré comme le meilleur, avec celui que donne la nouvelle méthode.

Dans cette comparaison, je n'emploierai actuellement que les émissions spéciales de T. S. F. faites en octobre et novembre derniers; ce sont des signaux rythmés, normalement au nombre de 306 par série (300 pour Saïgon et 301 pour Nauen).

Les résultats locaux de Paris, obtenus au Bureau International de l'Heure (B. I. H.) sont publiés dans le *Bulletin horaire*, t. II, p. 310-330; et ceux de Greenwich m'ont été communiqués très obligeamment, en épreuves, par Sir Frank Dyson, astronome royal d'Angleterre.

Pour ces derniers, j'ai disposé ainsi des heures sidérales conclues du premier (1er) et du dernier (D^{er}) signal de chaque série; ces heures sont déduites des *coïncidences* enregistrées à Greenwich et pour cette raison je les désignerai par S_c^{Gr} (pour les émissions d'Annapolis on a relevé un certain nombre des signaux enregistrés de la série et conclu les heures du 1er et du D^{er}).

A Paris nous avons obtenu aussi les heures de ces signaux 1er et D^{er}, mais de plusieurs manières; et celles désignées ci-après par S_c, déduites également de nos *coïncidences* enregistrées, sont les plus comparables à celles de Greenwich. On pourrait donc se borner à comparer S_c à S_c^{Gr}; mais à titre de contrôle, à S_c^{Gr} j'ai comparé également les heures des signaux 1er et D^{er} que nous avons obtenues d'autres manières, et qui sont désignées par les abréviations S_0, S_1, S_m, O, dont voici le sens :

S_0 Heures enregistrées des signaux 1er et D^{er} ....
S_1 » du signal qui suit 1er, qui précède D^{er} } et ramenées à l'heure
S_m Moy. des 4 signaux qui suivent S_1 (1er) ou précédant S_1 (D^{er}) } de S_0 correspondant.
O Heures des signaux 1er, D^{er}, déduites des coïncidences observées à l'oreille (O).

Les heures de Paris avaient préalablement été ramenées au méridien de Greenwich en adoptant $0^h.9^m.20^s,93$ E pour différence de longitude (voir *Bull. horaire*, I, p. 57, 116). D'ailleurs ces heures de Paris sont provisoires, parce que d'autres déterminations d'heure, faites à l'astrolabe à prisme, ne sont pas encore conclues.

Les différences individuelles (Paris *moins* Greenwich), au nombre de 2124, ont été groupées par décades en moyennes partielles, que nous appellerons S_{10}; elles sont données dans le tableau suivant, et séparément pour le 1er et le D^{er} signal; n est le nombre des différences individuelles qui ont donné chaque S_{10}. Dans le même tableau la colonne verticale intitulée *moy.* donne la moyenne pour la période entière 1926 oct. — nov. 30; nous la désignerons par S_{60}. La colonne N marque le nombre de valeurs individuelles entrant dans chaque S_{60}.

L'examen de ce tableau, successivement par lignes horizontales (I) par colonnes verticales (II), suggère les remarques suivantes :

I. — 1° Les S_{10} comparées à leurs S_{60} ont la même allure générale pour les diverses émissions; cela se vérifie surtout pour les émissions de FL et de LY, commandées par le B. I. H. On peut en voir la cause dans les déterminations astronomiques de l'heure.

Tableau des Différences (*Paris* moins *Greenwich*), en millièmes de seconde de temps.

Poste émetteur.	Dates..	1926. Octobre. 1-10.			11-20.			21-31.			1926. Novembre. 1-10.			11-20.			21-30.				
	Signal..	1er.	D^{er}.	*n.*	1er.	D^{er}.	*n.*	1er.	D^{er}.	*n.*	1er.	D^{er}.	*n.*	1er.	D^{er}.	*n.*	1er.	D^{er}.	*n.*	Moy.	N.
Tour Eiffel	S_c....	-13	-35	8.8	-11	-14	9.9	-45	-52	6.7	+2	-3	9.9	-21	-26	9.9	-40	-47	9.8	**-24**	100
FL	S_m....	-17	-33	7.8	-19	-13	9.9	-50	-51	6.7	+9	-5	9.9	-21	-28	9.9	-41	-51	8.8	**-23**	98
9^{h}31^m	S_1....	-22	-37	7.8	-14	-18	9.9	-57	-52	6.7	-1	-3	9.9	-21	-27	9.9	-48	-50	8.8	**-27**	98
λ : 2650^m	S_0....	-8	-33	7.8	+24	-18	9.9	-50	-51	5.7	+1	-2	9.9	-21	-25	9.9	-22	-48	8.8	**-21**	90
	O.....	-35	-35	8.8	-25	-27	9.9	-45	-58	4.6	0	-1	9.9	-10	-11	9.9	-40	-40	8.8	**-25**	96
Tour Eiffel	S_c....	-26	-23	8.8	-18	-17	10.10	-51	-61	11.11	+4	+4	10.10	-12	-22	10.10	-36	-48	9.9	**-26**	116
FL	S_m....	-19	-21	7.8	-13	-18	10.9	-54	-58	10.11	+4	-1	10.10	-17	-24	10.10	-39	-52	9.9	**-26**	113
22^{h}31^m	S_1....	-23	-24	7.8	-17	-20	10.9	-55	-62	10.11	+2	0	10.10	-16	-24	10.10	-47	-50	9.9	**-28**	113
λ : 2650^m	S_0....	+1	-26	7.8	+11	-21	10.9	-47	-58	10.11	+7	0	10.10	-13	-23	10.10	-19	-46	9.9	**-20**	113
Annapolis	S_m....	-48	-23		+2	+3	9.8	-70	-49	7.7	+10	+16	4.5	-2	+4	3.6	+1	-10	3.5	**-13**	6
10^{h}40^m	S_1....	-32	-23	2.5	-7	+3	9.7	-47	-49	7.7	-4	+4	4.4	-16	+10	2.5	-26	-6	3.5	**-16**	60
λ : 17145^m	S_0....	-38	-23	3.6	+3	+6	9.8	-44	-42	7.6	+16	-10	4.4	+6	-5	3.5	+5	-24	3.5	**-13**	63
Annapolis	S_m....	-36	-21	3.7	-2	-7	8.10	-52	-31	4.7	+1	0	5.7	-37	-4	1.4	-21	-28	6.7	**-16**	69
20^{h}40^m	S_1....	-23	-26	3.7	+7	-7	7.10	-60	-39	4.6	+12	-7	4.6	-53	+6	1.2	-22	-24	4.5	**-17**	59
λ : 17145^m	S_0....	-26	-11	3.6	+8	-4	7.10	-36	-44	4.6	+16	+28	3.5	»	+4	0.3	-3	-27	5.6	**-9**	58
Nauenpolis	S_c....	-22	-21	7.7	-7	-8	9.9	-39	-40	8.9	+13	+13	6.5	-23	-16	7.7	-31	-30	7.7	**-18**	88
12^{h}0^m	S_m....	-22	-21	7.7	-6	-6	9.9	-38	-40	8.9	+15	+9	6.6	-21	-15	7.7	-34	-30	8.8	**-19**	91
λ : 18060^m	S_0....	-17	-23	7.7	-1	-3	9.9	-31	-40	8.9	+22	+6	6.6	-10	-15	6.7	-29	-30	8.8	**-15**	90
Bordeaux	S_c....	-27	-25	9.10	-9	-7	8.8	-50	-56	9.9	0	+1	9.10	-6	-18	7.8	-35	-45	10.10	**-27**	107
LY	S_m....	-23	-25	9.10	-9	-8	8.8	-47	-54	9.9	+3	+2	8.10	-5	-17	7.9	-33	-44	10.10	**-22**	107
20^{h}1^m	S_1....	-23	-23	9.10	-12	-6	8.8	-46	-55	9.9	+2	0	9.10	-2	-19	7.9	-34	-45	10.10	**-22**	107
λ : 18900^m	S_0....	-26	-22	9.10	-10	-6	8.8	-47	-55	9.9	+7	0	7.10	-6	-19	7.9	-35	-47	10.10	**-23**	105
	O.....	-38	-32	10.10	-23	-12	8.8	-70	-73	9.9	-15	-8	10.10	-29	-34	10.10	-70	-71	10.10	**-31**	114

2° Le S_0 FL, 1er signal, présente un écart anormal. J'ai déjà indiqué ce fait (*Bull. horaire* II, p. 304), attribué au relais du poste FL. Avant toute conclusion définitive il y aura donc lieu de vérifier l'équidistance des signaux de chaque série.

II. — Les signaux de postes éloignés (Annapolis) présentent une différence systématique avec les signaux rapprochés (FL et LY). Le nombre de leurs observations est d'ailleurs notablement inférieur.

La conclusion générale (provisoire) est que *la longitude adoptée de Paris doit être augmentée de* 0s,02 *en valeur absolue, et portée à* 0h. 9m. 20s, 95 E.

MICROBIOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur les cryptotoxines microbiennes.* Note de M. **H. Vincent.**

I. Dans diverses publications antérieures ([1]) j'ai démontré que les poisons microbiens, mis en contact avec les solutions isolées ou associées de *savons* (margarate de sodium, palmitate de sodium, oléate de sodium), sont inactivés, après un délai suffisant, à la température ordinaire et, de préférence, à 38°. D'autre part le pouvoir immunigène des toxines ainsi traitées est conservé. J'ai constaté en effet que l'inoculation de ces mélanges, détermine, lorsqu'elle est réitérée, l'immunité progressive et spécifique contre la toxine microbienne expérimentée ([2]).

J'ai dénommé *cryptotoxines* les toxalbumines ayant subi l'influence neutralisante de ces solutions.

Le contact de la bile avec diverses toxines (tétanique, colibacillaire, etc.) les neutralise également. Les principaux éléments constituants du liquide complexe qu'est la bile (glycocholate et taurocholate de soude, lécithine, cholestérine, etc.) participent à ce phénomène de neutralisation, mais parmi ces composants étudiés individuellement, les savons biliaires possèdent, de beaucoup, les plus fortes propriétés cryptotoxiques ([3]). Injectées prudemment (en raison de la toxicité propre de la bile), et à plusieurs reprises, les cryptotoxines biliaires qui renferment ces savons déterminent, pour cette raison, la production d'une immunité appréciable ([4]).

([1]) H. Vincent, *C. R. Soc. de Biol.*, **43**, 1907, p. 695; *Annales de l'Institut Pasteur*, **22**, 1908, p. 341.

([2]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1307.

([3]) H. Vincent, *loc. cit.*, et *C. R. Soc. de Biol.*, **43**, 1907, p. 623.

([4]) H. Vincent, *Sur les cryptotoxines biliaires* (*C. R. Soc. de Biol.*, **95**, 1926, p. 1525).

En ce qui concerne le palmitate de sodium que j'ai précédemment étudié, sa solution saturée ($0^g,2$ pour 100) neutralise, à la proportion très faible de $\frac{1^v}{1000}$, 1 à 2^{cm^3} d'une toxine tétanique mortelle au $\frac{1}{500}$ de centimètre cube : le cobaye inoculé n'en ressent aucun effet morbide. Le palmitate de sodium agit de même à l'égard des toxines diphtérique, colibacillaire, dysentérique, celle du *B. œdematiens*, etc.

Les lapins immunisés par la cryptotoxine tétanique palmitique peuvent recevoir, impunément, après un certain nombre d'injections de celle-ci, 1, 2, 5 puis 10^{cm^3}, en une fois, de la toxine tétanique pure précédente, puis d'une toxine qui tue le cobaye au $\frac{6}{1000}$ de centimètre cube.

Les expériences que j'ai faites avec la solution saturée *d'oléate de sodium* m'ont montré que ce savon possède également des propriétés antitoxiques puissantes à l'égard des poisons tétanique, diphtérique, colibacillaire, etc.

La neutralisation des toxines les plus actives par les combinaisons sodiques de certains acides de la série grasse ou de la série oléique qui donnent, en milieu aqueux, une pseudo-solution colloïdale, m'a conduit à rechercher si d'autres sels, dont les solutions dans l'eau ont des propriétés physiques semblables, présentent aussi, à l'égard des toxines microbiennes, un certain pouvoir antitoxique. Les expériences faites avec le gynocardate, le résinate, le guttate de sodium, etc., ont effectivement montré l'action neutralisante de ces sels pour la toxine tétanique, avec conservation des propriétés immunigènes spécifiques de ces mélanges. Toutefois, ces effets sont moins marqués qu'avec les corps précédemment étudiés.

Les propriétés physiques et la constitution de ces solutions permettent d'expliquer, par un phénomène d'adsorption, leur influence si remarquable sur les principes toxiques colloïdaux contenus dans les cultures microbiennes filtrées. L'inactivation des toxalbumines n'est pas immédiate. Elle se produit, suivant l'agent étudié et les doses respectives, au bout de quelques heures ou de plusieurs jours. Elle est plus rapide à une température élevée (48°) qu'à la température de 18°. Lorsqu'elle s'est réalisée, la dissociation de la toxine soudée aux micelles plus volumineuses soit des savons et sels biliaires, soit des solutions de margarate, palmitate, oléate, résinate, guttate, etc., de soude, devient à peu près impossible.

Cependant l'addition de phosphate disodique ou de chlorure de calcium, celle d'alcool absolu ou de sulfate d'ammonium, déterminent avec le mélange : toxine tétanique + agent neutralisant, un précipité qui, repris immédiatement et injecté aussitôt au jeune cobaye, provoque quelquefois un tétanos léger et fugace. La toxine a donc été fixée, mais non réellement

détruite, ce qui explique la persistance de la propriété immunigène des mélanges rendus atoxiques.

II. J'ai constaté que certains corps très différents des précédents par leur composition chimique et par leur structure, tels que la phényldiméthylpyrazolone (antipyrine) dont la formule brute est $C^{11}H^{12}Az^2O$, possèdent des propriétés qui se rapprochent, à ce point de vue spécial, de celles des savons et des autres solutions colloïdales ci-dessus, bien que ces propriétés soient beaucoup moins prononcées. C'est ainsi qu'une toxine tétanique mortelle pour le cobaye de 300^g à $\frac{1}{200}$ de centimètre cube, additionnée de $\frac{1}{5}$ de solution d'antipyrine à 0^g,50 par centimètre cube et laissée 48 heures à 38°, perd toute sa toxicité. L'inoculation progressive de ce complexe confère une certaine immunité. J'ai pu réitérer les injections tous les cinq jours aux doses lentement croissantes de 0$^{cm^3}$,4, 0$^{cm^3}$,5, 0$^{cm^3}$,6, etc., au cobaye de 600^g sans déterminer d'autre symptôme qu'un certain amaigrissement. Aucun signe de tétanos n'a été observé. Après 15 ou 20 injections de cette cryptotoxine, on a pu injecter deux doses, puis cinq doses mortelles de toxine pure sans provoquer de tétanos.

La fixation de la toxine par l'antipyrine est très solide. C'est ainsi que si l'on traite à plusieurs reprises leur mélange par un dissolvant actif de l'antipyrine, tel que la benzine, on n'arrive pas cependant à l'en séparer. La toxine demeure fixée et inactivée

La phényldiméthylpyrazolone a donc *in vitro* des propriétés antitoxiques non douteuses et se range ainsi, quoique à un degré plus faible que les corps précédents, parmi les agents cryptotoxiques.

Il est d'ailleurs d'autres substances qui possèdent les mêmes propriétés, et que je ferai connaître. Ces constatations peuvent conduire à des applications utiles en immunologie et en thérapeutique.

ÉLECTRICITÉ. — *Remarque au sujet des émissions hertziennes dirigées.* Note [1] de M. **André Blondel.**

Dans une Note précédente [2] j'ai montré comment on peut exciter alternativement ou simultanément par un inducteur oscillant deux rideaux d'antennes donnant des émissions constamment opposées en phase. Ce

---

[1] Séance du 4 avril 1927.

[2] *Comptes rendus*, **184**, 1926, p. 561. A la dernière ligne de la page 561, *au lieu de* 1912, *lire* 1902.

dispositif est un cas particulier du système à double rideau d'antennes déjà décrit antérieurement [1], et il offre le double avantage d'une réalisation plus facile du double rideau et d'une modification continue de l'induction alternative sur chaque rideau, si l'on supprime toute coupure dans les circuits. Alors, dans un certain angle de chaque côté du plan bissecteur, l'annulation de la réception se produit deux fois par tour du variomètre tournant à des intervalles plus ou moins inégaux (égaux dans le plan bissecteur).

Si l'on donne à l'angle formé entre les plans normaux aux deux rideaux une valeur égale à la moitié de celle de l'angle compris entre les plans tangents à la courbe en huit de chaque rideau [2], l'angle total dans lequel à grande distance on percevrait deux annulations par tour du variomètre a la même valeur, si l'induction du variomètre pouvait devenir nulle par rapport à l'un des rideaux et si ces derniers n'avaient pas d'induction mutuelle. Mais ces deux conditions n'étant pas remplies par suite du faible écartement qui doit exister entre les côtés horizontaux des deux rideaux, l'angle dans lequel il peut y avoir annulation franche de la réception se trouvera beaucoup réduit, et les annulations seront remplacées par des affaiblissements jusqu'aux plans tangents aux courbes en huit; dans ces derniers, il y a naturellement annulation franche une fois par tour de l'inducteur, et entre deux annulations se produit un seul maximum.

Si, au lieu de rideaux d'antennes à éléments multiples, on emploie deux simples cadres à deux antennes décalées en phase d'une demi-onde, et espacés d'une demi-onde (type que j'ai défini en 1902) à trois quarts d'onde, et qu'on dispose encore les plans de ces deux cadres de façon qu'ils se coupent suivant la verticale médiane commune aux cadres, on pourra exciter les deux cadres par un variomètre à deux bobines fixes décalées de 90° (comme dans le radiogoniomètre bien connu de Bellini-Tosi) qui permettra de faire varier entre un maximum et un zéro franc l'excitation alternative de chaque cadre, quel que soit l'angle formé entre ceux-ci.

Les dispositifs décrits dans cette Note ne comportent aucune variation

---

(1) Cf. A. Blondel, *Perfectionnements à l'émission des ondes courtes et à leurs applications pour la navigation* (Brevet belge du 4 juillet 1925).

(2) Par exemple, on peut adopter deux rideaux de six éléments verticaux espacés d'une demi-longueur d'onde et émettant des ondes de même phase; les tangentes à la courbe en huit font entre elles un angle d'environ 30°; on choisira donc un angle de 15° au maximum entre les plans des deux rideaux. L'ouverture totale entre les tangentes externes des deux huit ne dépassera pas 45°.

périodique de phases des courants excitateurs, mais seulement des variations périodiques des intensités relatives de ces courants; tout décalage de phase, donnant naissance à un champ tournant, rendrait impossible une annulation de ce champ.

NOMINATIONS.

MM. **M. Brillouin**, **J. Perrin**, **A. Cotton**; **Paul Janet**, **M. de Broglie**; **Pierre Weiss** sont désignés pour représenter l'Académie au *Congrès international des Physiciens* qui se tiendra à Côme en l'honneur de *Alessandro Volta*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Benjamin Mayor. *Introduction à la statique graphique des systèmes de l'espace*. Préface de Maurice Paschoud. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

M. **Jean Thibaud** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1926.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégro-différentielles aux dérivées partielles d'ordre infini, dont la solution a le même domaine d'existence que les coefficients*. Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. Lecornu.

I. Dans l'ensemble des équations différentielles et intégro-différentielles à un nombre quelconque de variables, une famille particulièrement remarquable est constituée par *celles dont les solutions ont le même domaine d'existence que leurs coefficients*. Nous avons proposé antérieurement de les nommer abréviativement : *équations normales*. Les plus simples sont les équations différentielles ordinaires.

Nous avons déjà quant à nous généralisé précédemment cet exemple classique en considérant [1] des équations intégro-différentielles, linéaires par rapport à la fonction inconnue $\varphi(xy)$ et par rapport à ses dérivées partielles (le nombre des variables pouvant être quelconque),

$$(1)\qquad \varphi(xy)-f(xy)=\lambda\int_x^m\int_y^p\sum_{r+q=0}^{r+q=\rho}\mathrm{K}^{\rho}_{r,q}(xy\,tv)\frac{\partial^{r+q}\varphi(tv)}{\partial t^r\,\partial v^q}\,dt^m\,dv^p,$$

où les limites supérieures des intégrales m-uple et p-uple sont les *variables* x et y (auquel cas nous disons que l'équation est du *type Volterra*) et où les coefficients f et $\mathrm{K}^{\rho}_{r,q}$ sont analytiques : nous avons montré, en effet, qu'une telle équation est *normale* si son *ordre intégral* $\gamma = m + p$ *dépasse* son *ordre différentiel* ρ (la somme Σ étant étendue à tous les couples d'entiers r et q tels que $0 \leqq r+q \leqq \rho$). La conclusion s'applique aussi aux équations différentielles (à une ou plusieurs variables) qui ne sont que des cas particuliers de l'équation (1).

On peut étendre ce résultat en supposant soit que le nombre des variables devient infini, soit que l'équation (1) contient une *infinité* de termes analogues au second membre écrit ci-dessus, *les ordres* γ et ρ *de ces termes allant en croissant indéfiniment* : c'est ce second type transcendant d'équation que nous allons étudier ici. On en rencontre un cas particulier quand on considère une équation linéaire aux dérivées partielles (ramenée à la forme intégro-différentielle par une intégration convenable) dont l'ordre croît au delà de toute limite.

Il importe d'observer qne, dans tous les cas précités d'équations normales, la célèbre méthode des approximations successives de M. E. Picard permet de représenter la solution dans *tout* son domaine d'existence au moyen d'un développement en série *unique*, sans le secours d'aucun prolongement analytique.

II. Soit donc à résoudre l'équation intégro-différentielle d'*ordre infini* (que nous dirons encore être du *type Volterra*)

$$(2)\quad \varphi(xy)-f(xy)=\lambda\sum_{\nu=0}^{\nu=+\infty}\int_x^{m_\nu}\int_y^{p_\nu}\sum_{r+q=0}^{r+q=\rho_\nu}\mathrm{K}^{\nu}_{r,q}(xy\,tv)\frac{\partial^{r+q}\varphi(tv)}{\partial t^r\,\partial v^q}\,dt^{m_\nu}\,dv^{p_\nu},$$

(1) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1094, et *Journal de l'École Polytechnique*, 24e Cahier, 1924, p. 20, 1re Thèse. Nous avons en outre généralisé pour ces équations les conditions de Fuchs et de M. Thomæ relatives aux solutions *régulières* (*Giornale di Matematiche*, **63**, 1925, p. 1).

en faisant les mêmes hypothèses générales que précédemment (*loc. cit.*) sur les domaines d'holomorphie D_x, D_y des coefficients f et $K^{\nu}_{r,q}$, ainsi que sur les lignes d'intégration.

Cette équation a manifestement pour *solution formelle* $\varphi(xy)$ la série

$$\sum_{n=0}^{n=+\infty} \varphi_n(xy),$$

dont le premier terme $\varphi_0(xy)$ est $f(xy)$, et où $\varphi_n(xy)$ est $\Phi(\varphi_{n-1})$, en appelant $\Phi(\varphi)$ le second membre de (2).

Or cette série converge *uniformément* (et absolument) dans l'hypothèse où d'une part γ_0 *est* $> \rho_0$, et où d'autre part l'*ordre intégral* γ_ν (c'est-à-dire $m_\nu + p_\nu$) *croissant comme une exponentielle* de base b $(\gamma_0 + b^\nu \leqq \gamma_\nu < \gamma_0 + b^{\nu+1})$, l'*ordre différentiel* ρ_ν *croît en progression arithmétique* $(\rho_\nu = \rho_0 + \nu\beta)$ *de raison* β *inférieure à la plus petite des deux quantités* b *et* $(b \log b)$. On a ainsi cette proposition :

Théorème d'existence. — *Sous les hypothèses précédentes, l'équation* (2) *est une équation normale : elle a une solution unique* $\varphi(xy)$ *qui est représentée par la série*

$$\sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n(xy)$$

dans tout domaine intérieur à (D_x, D_y), *et qui y est holomorphe.*

La démonstration, qui est très longue, consiste essentiellement à évaluer une limite supérieure de $|\varphi_n(xy)|$ et par suite des dérivées partielles qui y figurent : A cet effet, j'applique comme précédemment (*loc. cit.*) la formule fondamentale de Cauchy à des contours choisis spécialement (contours variables à la fois avec les points t et v, qu'ils accompagnent en les entourant, et avec l'indice n de φ_n). Alors, les notations μ, M, ω, α, ε, ε_n, $s(x)$ ayant la même signification que dans les travaux précités, et l étant une constante toujours $> s(x) + \varepsilon$ et $s(y) + \varepsilon$, on a, pour tous les points x, y de D_x et D_y, dont la distance aux contours de ces domaines est supérieure à la constante arbitrairement petite ε,

$$|\varphi_n(xy)| \leqq \mu(\lambda M)^n S_1 S_2 \ldots S_n (n!)^{\alpha\rho_0} \frac{[s(x) + \varepsilon_n]^{nm_0}}{(nm_0)!} \frac{[s(y) + \varepsilon_n]^{np_0}}{(np_0)!},$$

avec

$$S_n = \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(\rho_\nu + 1)(\rho_\nu + 2)}{2} \rho_\nu! \left(\frac{\omega}{\varepsilon}\right)^{\rho_\nu} \frac{n^{\alpha(\rho_\nu - \rho_0)} l^{\gamma_\nu - \gamma_0} (nm_0)!\,(np_0!)}{(nm_0 + m_\nu)!\,(np_0 + p_\nu)!}.$$

En vertu des hypothèses, cette dernière série est toujours convergente et sa somme S_n est toujours inférieure à une limite fixe S; par suite on a finalement

$$|\varphi_n(xy)| \leq \mu \frac{(\lambda MS\, l^{m_0+p_0})^n}{(n!)^{\gamma_0-\alpha\rho_0}}.$$

Comme on peut prendre $\alpha > 1$ et tel que $\gamma_0 - \alpha\rho_0$ soit > 0, la série $\Sigma\varphi_n$ est bien normalement convergente quel que soit l, donc dans tout l'intérieur de (D_x, D_y).

MÉCANIQUE. — *Dynamomètres télescopiques.*

Note de M. **R. Guillery**, présentée par M. L. Lecornu.

Les dynanomètres servant à la vérification des fortes charges, pour le contrôle des presses en général et plus spécialement pour celui des machines d'essais à la traction ou à la compression, sont basés, s'ils sont entièrement métalliques, sur la déformation d'une pièce de forme annulaire.

Le métal qui constitue cette pièce travaille surtout à la flexion et, en raison même de la forme annulaire, la loi qui lie les déformation aux efforts qui les provoquent est très complexe. On sait que les ressorts travaillant en flexion utilisent médiocrement le métal de leur masse et, en particulier pour les anneaux, on est conduit à employer des métaux extrêmement résistants; ces anneaux restent d'autant plus fragiles que leur traitement thermique spécial laisse subsister des tensions internes. Ces tensions, très variables, ont une influence sur le rapport, déjà incertain, des déformations aux charges.

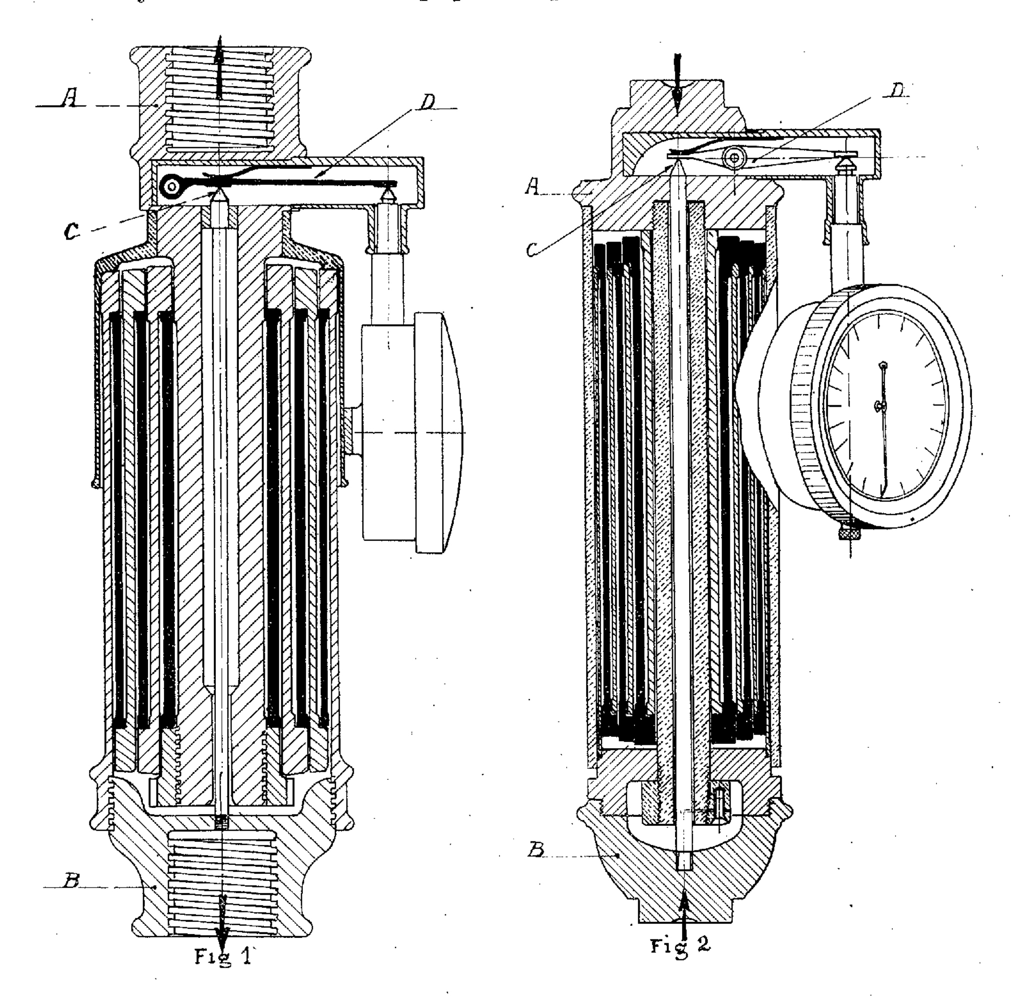
Les dynamomètres télescopiques remédient à ces inconvénients.

Ils sont basés en principe sur un dispositif qui utilise le ressort le plus parfait, c'est-à-dire celui qui, relativement à sa masse, peut absorber, par déformations élastiques, le maximum de travail possible. Ce ressort parfait est constitué par un parallélépipède de volume V à section de forme quelconque, dont toutes les fibres perpendiculaires à la base travaillent uniformément à la traction ou à la compression, à un taux un peu inférieur à la limite élastique E du métal de module d'élasticité M. On peut facilement se rendre compte que le maximum de travail T, que peut ainsi élastiquement absorber ce ressort, a pour expression

$$T = \frac{1}{2}\frac{VE^2}{M}.$$

Le même parallélépipède encastré à l'une de ses extrémités, et travaillant en flexion simple, ne peut absorber qu'un travail égal à $\frac{1}{18}\frac{\mathrm{VE}^2}{\mathrm{M}}$ si sa section est rectangulaire et $\frac{1}{24}\frac{\mathrm{VE}^2}{\mathrm{M}}$ si sa section est circulaire.

Les dynamomètres télescopiques représentés schématiquement, l'un



(*fig.* 1) à la traction, l'autre (*fig.* 2) à la compression, sont constitués par $2n+1$ éléments principaux tubulaires à section de surface constante pour chacun d'eux.

Dans l'appareil à la traction $n+1$ éléments sont en traction et n en com-

pression; la figure 1 montre 7 éléments, 4 de ceux-ci hachurés normalement sont en traction et 3 en noir sont en compression.

Dans l'appareil à la compression $n+1$ éléments sont en compression et n en traction; la figure 2 montre 7 éléments; 4 de ceux-ci hachurés normalement sont en compression et 3 en noir sont en traction. La constance de section S fait que toutes les fibres verticales travaillent au même taux $\frac{P}{S} \leqq E$ sous la charge nominale P de l'appareil. Les déformations des éléments s'ajoutent et se totalisent dans le déplacement relatif des pièces A et B d'action et de réaction. Ce déplacement des pièces A et B, écartement pour l'appareil à traction, rapprochement pour l'appareil de compression, aura pour expression $\frac{P}{S} \times \frac{(2n+1)l}{M}$ si l est la longueur commune de la partie élégie de chacun des éléments et M le module d'élasticité du métal. Pour toutes les charges de zéro à P les déformations sont donc théoriquement proportionnelles aux charges; elles le sont également en pratique.

Les déplacements de A par rapport à B sont accusés par le mouvement, relativement à A, de la pointe C d'une tige solidaire de B. Cette pointe agit par l'intermédiaire du levier D sur un amplificateur à cadran dont l'aiguille accuse les charges.

Les mesures, venant du centre même de l'appareil, ne peuvent être influencées par les flexions ou le flambage; elles sont de plus indépendantes de la dilatation, le métal étant le même dans tout l'appareil.

ÉLASTICITÉ. — *Sur les modifications infiniment petites d'un corps élastique homogène aux environs d'un état où les tensions peuvent être finies.* Note de M. **Ch. Platrier.**

I. Sous la désignation *Cas de Poincaré* (1), M. Jouguet a fait l'étude des modifications précitées (2). Nous nous proposons d'indiquer les précautions à prendre pour retrouver les résultats de M. Jouguet en suivant les méthodes classiques de la Mécanique rationnelle sans considération d'Éner-

---

(1) H. Poincaré, *Leçons sur la théorie de l'élasticité*, 1902, et *Leçons sur la théorie mathématique de la lumière*, 1889.

(2) E. Jouguet, *Notes sur la théorie de l'élasticité* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, **12**, 1920, p. 47).

gétique et l'interprétation à donner aux notations de Duhem [1] pour établir l'accord entre les résultats de ce dernier et ceux de M. Jouguet.

II. Soit $\nu(\nu_1 \nu_2 \nu_3 \tau_1 \tau_2 \tau_3)$ le tenseur tension dans le cas initial. Soit le tenseur dans l'état déformé $N(N_1 N_2 N_3 T_1 T_2 T_3)$ fonction linéaire du tenseur déformation $\varepsilon(\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3)$ réduit à ses termes du premier ordre $e(e_1 e_2 e_3 g_1 g_2 g_3)$ et de la rotation $\omega(\omega_1 \omega_2 \omega_3)$. Si une modification se réduit à ω, en transformant ν par rotation $(-\omega)$ des axes de coordonnées, nous obtenons ν' dont les termes en ω sont ceux de N, si bien que [$\varphi(e)$ désignant une fonction linéaire de e]

$$(1)\qquad \begin{cases} N_1 = \nu_1 + N'_1(e) - 2\omega_3\tau_3 + 2\omega_2\tau_2, & \ldots, \\ T_1 = \tau_1 + T'_1(e) + \omega_1(\nu_2 - \nu_3) - \omega_2\tau_3 + \omega_3\tau_2, & \ldots. \end{cases}$$

Les termes en ω ne sont négligeables que si ν est infiniment petit de l'ordre de e, ce qui n'est pas supposé dans le cas de Poincaré.

III. D'autre part, si la modification infiniment petite est définie par $x = a + u$, $y = b + v$, $z = c + w$, (a, b, c), (x, y, z) coordonnées du même élément avant et après déformation; ρ_0, ρ ses densités correspondantes; ϖ_0 son volume avant déformation; nous aurons, à des infiniment petits du deuxième ordre près,

$$\frac{\partial\, \delta u}{\partial x} = \delta E_1 + \delta(\omega_2^2 + \omega_3^2) - 2\omega_3\, \delta g_3 + 2\omega_2\, \delta g_2, \qquad \ldots,$$

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\partial\, \delta v}{\partial z} + \frac{\partial\, \delta w}{\partial y}\right) = \delta G_1 - \delta(\omega_2\omega_3) + \omega_1\, \delta(e_2 - e_3) + \omega_3\, \delta g_2 - \omega_2\, \delta g_3, \qquad \ldots,$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = e_1 - (e_1^2 + g_3^2 + g_2^2) + \omega_2^2 + \omega_3^2, \qquad \ldots,$$

$$\frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right) = g_1 - [g_1(e_2 + e_3) + g_2 g_3] - \omega_2\omega_3, \qquad \ldots$$

avec

$$E_1 = e_1 - \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial a}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial b}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial c}\right)^2\right], \qquad \ldots,$$

$$G_1 = g_1 - \frac{1}{2}\left[\frac{\partial v}{\partial a}\frac{\partial w}{\partial a} + \frac{\partial v}{\partial b}\frac{\partial w}{\partial b} + \frac{\partial v}{\partial c}\frac{\partial w}{\partial c}\right], \qquad \ldots.$$

Il est notable que l'on ne doit pas réduire ces formules à leurs premiers termes quand, voulant tenir compte des infiniment petits du deuxième ordre, on est conduit, dans le cas de Poincaré, à multiplier par les valeurs ci-dessus des quantités finies.

---

(1) P. Duhem, *Traité d'Énergétique*, I, 1911, p. 400 et suiv.

IV. Tenant compte des deux remarques précédentes, on traitera le cas de Poincaré en suivant pas à pas la méthode classique quand ν est de l'ordre de e. Pour qu'il existe notamment un potentiel interne (¹) $F = \int_{V_0} \rho_0 \omega_0 f$, il faudra et il suffira que le tenseur $[\nu(e_1 + e_2 + e_3) + N']$ dérive d'une fonction du second degré $\Phi(e)$. Dans cette hypothèse, on établira en particulier les propositions suivantes : 1° le travail des forces extérieures au cours d'une déformation réversible infiniment petite est égal au signe près à la variation du potentiel interne ; 2° le potentiel interne changé de signe est égal au travail virtuel dans le déplacement u, v, w de la moyenne arithmétique avant et après déformation des forces extérieures qui maintiennent ces deux états d'équilibre ; 3° le travail virtuel des forces extérieures au cours d'une déformation virtuelle infiniment petite à partir de l'état déformé est égal, au signe près, à deux fois la variation du potentiel interne augmentée du travail des forces extérieures initiales au cours de la même déformation virtuelle.

V. Enfin à des infiniment petits du second ordre près on obtient, pour des déformations réversibles (du, dv, dw),

$$-\rho\, df = M_1\, d\varepsilon_1 + M_2\, d\varepsilon_2 + M_3\, d\varepsilon_3 + 2 P_1\, d\gamma_1 + 2 P_2\, d\gamma_2 + 2 P_3\, d\gamma_3$$

avec

$$(2) \qquad \begin{cases} M_1 = N'_1 + \nu_1 - (2\varepsilon_1 \nu_1 + 2\gamma_2 \tau_2 + 2\gamma_3 \tau_3), & \ldots, \\ P_1 = T'_1 + \tau_1 - [\gamma_1(\nu_2 + \nu_3) + (\varepsilon_2 + \varepsilon_3)\tau_1 + \gamma_3 \tau_2 + \gamma_2 \tau_3], & \ldots. \end{cases}$$

Le tenseur $M(M_1 M_2 M_3 P_1 P_2 P_3)$ est le tenseur action de Duhem. Les relations (1) et (2) montrent qu'il ne saurait être confondu avec la tension. En particulier, dans le cas du corps isotrope où ν se réduit à une pression normale uniforme P_0, on a $(M = N - 2 P_0 e)$ à des infiniment petits du second ordre près. Dans sa recherche de (M), Duhem ne distingue pas clairement les tenseurs ε et e. Il est essentiel dans son calcul de conserver à la déformation son expression ε. Les résultats de Duhem sont alors corrects et conformes aux résultats de M. Jouguet.

(¹) Le potentiel interne élémentaire est alors donné par l'égalité

$$-\rho_0 f = \text{const.} + \Phi(e) + \Sigma \nu_1 (E_1 + \omega_2^2 + \omega_3^2) + 2\Sigma \tau_1 (G_1 - \omega_2 \omega_3).$$

AÉRODYNAMIQUE. — *Calcul de l'effort sustentateur et de la distribution des pressions sur une palette en rotation uniforme (Rotor à palette).* Note [1] de M. E. **Carafoli**, transmise par M. Rateau.

Nous avons déterminé dans une Note précédente [2] le potentiel régnant autour d'une plaque tournante placée dans un courant de vitesse U à l'infini. Nous avons vu que, dans le cas de U = const. et d'une vitesse de rotation ω uniforme, la résultante aérodynamique moyenne peut s'écrire

$$R_1(m) = i\rho U(\Gamma - 2\pi\omega a^2). \tag{1}$$

Nous allons déterminer Γ dans deux cas : 1° pour $h = 0$, c'est-à-dire dans le cas où la palette tourne autour de son axe de symétrie, et 2° pour $\alpha = \frac{\pi}{2}$, quand la palette est perpendiculaire à la droite joignant l'origine (centre de rotation) au centre de la palette.

En effet, soit $U = 0$; dans ce cas le potentiel s'écrit

$$f(\zeta) = -i\left(\frac{2\omega a^2 h\cos\alpha}{\zeta} + \frac{\omega a^4}{\zeta^2}\right) - \frac{i\Gamma}{2\pi}\log\zeta$$

et la vitesse

$$\frac{df}{dz} = \frac{df}{d\zeta}\times\frac{d\zeta}{dz} = w = \frac{e^{-i\alpha}\zeta^2}{\zeta^2 - a^2}\left\{\frac{2i\omega h\cos\alpha\, a^2}{\zeta^2} + \frac{2i\omega a^4}{\zeta^3} - \frac{i\Gamma}{2\pi}\frac{1}{\zeta}\right\}. \tag{2}$$

On voit que pour $\zeta = \pm a$ la vitesse devient infinie. Nous allons déterminer Γ de manière que cette vitesse soit finie aux deux bords de la palette. Cette condition est satisfaite si $h = 0$ ou $\alpha = \frac{\pi}{2}$, et dans ces cas l'expression de Γ devient

$$\Gamma = 4\pi\omega a^2. \tag{3}$$

En admettant maintenant que cette circulation ne change pas quand il y a une vitesse U à l'infini, dont le potentiel se superpose purement et simplement au potentiel de la rotation seule, il en résulte un effort sustentateur

$$P = 2\pi\rho\omega a^2 U = \frac{\pi}{8}\rho\omega c^2 U. \tag{4}$$

---

[1] Séance du 4 avril 1927.

[2] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 804.

Pour $h=0$, en appelant $u=\omega\times\frac{c}{2}$ la vitesse périphérique de la palette, on obtient

$$(5)\qquad P=\frac{\pi}{4}\rho c u U \quad \text{et} \quad C_z=\frac{P}{\frac{\rho}{2}U^2\times c}=\frac{\pi}{2}\frac{u}{U},$$

et, pour $\alpha=\frac{\pi}{2}$, avec $u=\omega\times\sqrt{h^2+\frac{c^2}{4}}$, on aura

$$(6)\qquad P=\frac{\pi}{8}\frac{c^2}{\sqrt{h^2+\frac{c^2}{4}}}uU \quad \text{et} \quad C_z=\frac{P}{\frac{\rho}{2}\times U^2\times 2\sqrt{h^2+\frac{c^2}{4}}}=\frac{\pi}{2}\frac{1}{4\frac{h^2}{c^2}+1}\frac{u}{U}.$$

Quant à l'explication physique de la circulation, l'expérience montre qu'à la mise en mouvement d'une telle palette tournant autour de son axe de symétrie, deux tourbillons de sens contraire au mouvement s'échappent aux deux bords. Pour satisfaire au théorème de Thomson, une circulation d'intensité égale, mais de sens contraire aux deux tourbillons, naît autour de la palette, et nous avons vu plus haut comment on peut la déterminer. Les deux tourbillons échappés s'en vont avec le courant général ou s'éteignent par suite de la viscosité quand il n'y a pas un courant de vitesse V à l'infini.

Pour calculer la distribution des pressions sur la palette, il faut expliciter les termes de la relation

$$p+\frac{1}{2}\rho W^2+\rho\frac{\partial\varphi_1}{\partial t}=p_\infty+\frac{1}{2}\rho W_\infty+\rho\left(\frac{\partial\varphi_1}{\partial t}\right)_\infty=K.$$

Dans le cas où la vitesse à l'infini U est nulle, on peut trouver

$$(7)\qquad p-p_\infty=4\rho\omega^2a^2(\cos^2\theta-1) \quad \text{pour} \quad h=0$$

et

$$(7')\qquad p-p_\infty=2\rho\omega^2a^2(2\cos^2\theta-1) \quad \text{pour} \quad \alpha=\frac{\pi}{2}.$$

Si l'on appelle p_0 la pression au centre de la palette et r la distance d'un point de la palette à son axe de symétrie, on aura, pour les deux cas,

$$(8)\qquad p-p_0=\rho\omega^2r^2.$$

GÉNIE CIVIL. — *Sur le durcissement des chaussées silicatées.* Note de M. **R. Feret**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Pendant ces dernières années, on a obtenu pratiquement des résultats encourageants en imprégnant de solutions de silicate de soude les matériaux calcaires employés dans les chaussées.

Les essais qui vont être décrits ont eu pour but de chercher la cause du durcissement obtenu. La plupart ont été exécutés avec une solution de silicate de soude du commerce à 36° Baumé, contenant, en poids, 24,9 pour 100 de SiO^2 et 7,3 de Na^2O (Rapport : 3,41).

1° Quand on cherche à faire une pâte en malaxant avec cette solution de la chaux grasse éteinte en poudre, la masse fait prise partiellement pendant le gâchage, avec formation de silicate de chaux.

2° Quand on opère de même avec des poudres fines de craie, de marbre, de quartzite ou de charbon de bois, on n'observe aucun raffermissement analogue, et les pâtes obtenues, conservées à l'abri de l'air et de l'évaporation, restent sans changement pendant des mois. Il ne se produit donc, dans ces conditions, notamment entre les calcaires et le silicate alcalin, aucune double décomposition du genre de celle par laquelle Kuhlmann expliquait jadis le durcissement de la craie par le silicate de potasse.

3° Les mêmes pâtes, étalées à l'air, même sur un support non absorbant, se solidifient rapidement à la surface. Le durcissement ne se produit donc pas uniquement avec les calcaires. S'il a été suffisamment prolongé, des morceaux de la croûte superficielle, mis dans l'eau, ne s'y délitent pas.

4° Des sables obtenus en concassant du quartzite, du marbre et du charbon de bois ont été gâchés avec la solution de silicate et moulés en cubes de 5^{cm} de côté. Au bout de 28 jours, les agglomérés obtenus présentaient des résistances à la compression de 150^{kg}, 100^{kg} et 15^{kg} par centimètre carré.

De même, avec une proportion constante de silicate et des sables de même composition granulométrique résultant du broyage de diverses roches, on a fait des mortiers qui, moulés en cubes de 4^{cm} de côté, ont atteint au bout d'un mois les résistances suivantes :

Quartzite	50	kg/cm²
Grès siliceux	28	»
Calcaire dur de Marquise	17,5	»
Marne calcaire tendre	9,5	»

Ces résultats confirment que le durcissement par les silicates alcalins n'est pas exclusif aux pierres calcaires, et montrent que la résistance du conglomérat croît avec la dureté des matériaux employés.

5° En faisant bouillir avec du quartzite en poudre une solution étendue de silicate de soude, on lui enlève une partie notable de sa silice, qui se trouve adsorbée par la matière pulvérulente.

6° Une pâte plastique de quartzite en poudre et de silicate de soude a été étalée en tartines d'environ $1^{mm},5$ d'épaisseur sur cinq feuilles métalliques et sur cinq plaques de pierre calcaire poreuse identiques, saturées d'eau; puis une tartine de chaque sorte a été exposée dans diverses conditions, relatées par le tableau ci-après :

		Tartines sur plaques métalliques.		Tartines sur pierres poreuses.		Eau de lavage des pierres.
Conditions d'exposition.		État final.	$SiO^2:Na^2O$.	État final.	$SiO^2:Na^2O$.	$SiO^2:Na^2O$.
2 jours	à l'air ambiant	dur	1,85	dur	1,83	0,80
	dans l'air privé de CO^2.	pâteux	3,16	pâteux	3,28	2,84
	dans CO^2 gazeux......	dur	0,29	dur	0,90	0,04
	en atmosphère raréfiée.	peu dur	3,13	pâteux	2,51	1,27
1 heure et 2 heures à 110°.....		dur	1,72	dur	1,59	0,85

Les états de dureté relatifs des quatre premiers groupes tendraient à établir que la solidification est due surtout au déplacement de la silice par l'acide carbonique de l'air. Mais la prise très rapide des tartines chauffées montre que l'évaporation doit agir aussi. D'ailleurs, sauf les pâtes conservées dans une atmosphère d'acide carbonique, aucune n'a fixé de proportions notables de cet élément.

7° Aussitôt après l'examen, les matières ont été divisées et traitées pendant 24 heures par un excès d'eau à la température ambiante; puis on a dosé SiO^2 et Na^2O dans les liquides filtrés. En même temps, on a longuement lavé par filtration les plaques de pierre et analysé les eaux de lavage. On voit par le tableau qu'en général les rapports des poids de SiO^2 et de Na^2O trouvés en solution ont été d'autant plus faibles que le durcissement était plus avancé, à peu près indépendants de la porosité du support et, plus faibles dans les pierres que dans les mélanges.

Le durcissement est donc dû à l'insolubilisation d'une fraction croissante de la silice, plutôt qu'à une dialyse, laquelle n'a pu se produire que pour les pâtes reposant sur pierres poreuses.

8° Étalée à l'air, seule ou mélangée de diverses poudres, la silice gélati-

neuse précipitée par CO^2 au sein d'une solution de silicate de soude ne fait pas prise et reste pulvérulente après séchage. La silice qui se sépare du silicate ne semble donc susceptible d'agglomérer les poudres incorporées que quand elle agit à l'état naissant.

Conclusion. — Le durcissement des matériaux pierreux par les solutions de silicate de soude semble être dû surtout à la séparation, sous certaines influences, de silice gélatineuse, qui se coagule ensuite en englobant les particules pierreuses en un magma résistant et insoluble.

La principale de ces influences est l'adsorption exercée par les matières solides divisées, quelle que soit la nature de ces dernières.

Elle peut être favorisée par la dessiccation, par la dialyse et par l'action de CO^2.

C'est évidemment à la variation de ces influences qu'on doit attribuer la diversité des résultats obtenus dans les applications pratiques, selon la nature des matériaux, leur mode de mise en œuvre et les conditions météorologiques pendant et après emploi.

ASTRONOMIE. — *Le domaine intrastellaire des comètes et l'âge de la Terre.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Dans une Note antérieure (¹) j'ai montré comment dans la nébuleuse primitive, en même temps que les nappes planétaires émises par l'équateur du protosoleil en pulsation, pouvaient s'être formées les comètes par concentration de matière nébuleuse en des points coniques à l'arrière de sa trajectoire qui à son origine faisait un angle de 62° avec l'écliptique : ce qui explique les grandes inclinaisons des axes cométaires et le grand nombre des comètes en raison du temps mis par notre système à sortir de la nébuleuse. La densité des noyaux cométaires peut être de l'ordre de 10^{-10}, valeur comprise entre la densité 10^{-7} de la surface du protosoleil et la densité 10^{-14} de la nébuleuse primitive que j'ai pu calculer. Un noyau cométaire ayant le volume de la Terre et la densité 10^{-10} équivaudrait à la masse d'une sphère d'eau ayant 1^{mm} de rayon, ce qui explique la transparence et l'absence de réfraction à travers les noyaux.

D'autre part, les comètes dont la distance périhélie q dépasse 3 u. a. échappent en général à l'observation (2 seulement connues avec $q > 3$) :

(¹) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1327.

pour les autres, en dehors des comètes périodiques, il en apparaît en moyenne 3, dites nouvelles, par an. Si ce taux d'apparition s'est poursuivi depuis l'origine du système planétaire dont j'ai évalué l'âge à 330 millions d'années ([1]), il aurait apparu près d'un milliard de comètes qui ont dû passer nombre de fois au périhélie et qui, même supposées distinctes, n'auraient pas une masse totale égale au cinquantième de celle de la Terre. Toutes les comètes, quelle que soit leur distance périhélie q, peuvent se désagréger par attraction différentielle suivant la belle théorie de Schiaparelli, répandant leur matière le long d'orbites d'essaims d'étoiles filantes. Les comètes pour lesquelles $q > 3$ et qui sont assez loin du Soleil pour avoir moins à craindre de sa radiation pourraient aussi disparaître (surtout si les noyaux sont de petites dimensions) par condensation gravitative de leur matière vers le centre. Leur masse condensée après quelques siècles serait invisible d'après ce qui précède.

Pour les comètes pour lesquelles $q < 3$ formant la presque totalité de celles qui apparaissent, elles se désagrègent surtout près du périhélie par la pression de radiation et le bombardement électronique du Soleil qui dispersent leur matière ionisée dans les queues.

Étant données toutes ces causes de désagrégation ou de disparitions des comètes depuis leur origine, on peut se demander comment il en apparaît encore. Si nous estimons avec M. Baldet qu'il suffit en moyenne de 50 passages au périhélie pour faire disparaître une comète, on ne peut expliquer leur continuelle apparition que par l'immensité de leurs orbites et leur âge (coïncidant avec celui de la Terre) relativement peu ancien. Les recherches de MM. Fayet et Fabry ont montré qu'il n'existait pas de comètes hyperboliques en dehors des perturbations par les planètes : toutes les comètes, sauf celles à courte période destinées à disparaître rapidement, ont donc des orbites elliptiques avec e différant peu de l'unité.

D'autre part, la table des 36 étoiles voisines montre qu'en dehors de la direction du Centaure où la surface équipotentielle de gravitation est vers la distance 2 années de lumière, dans les autres directions elle est vers la distance 4 ou 5. Mais au cours des âges le sphéroïde limité par cette surface a dû varier de forme et limiter dans différentes directions à 2 a. l. le rayon de la sphère d'attraction du Soleil. On peut donc admettre que l'aphélie d'une comète ne peut dépasser cette sphère et qu'il y a peu de comètes dont l'aphélie atteigne deux années de lumière comme il y a relativement

---

([1]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1097.

peu de comètes dont l'aphélie $d < 10000$ u. a. parce que passant au périhélie tous les 350000 ans au plus, elles disparaissent vite. Il est possible que les comètes les plus nombreuses aient leurs aphélies vers la distance $d = 1$ année de lumière ou 63000 u. a.

Or la durée de révolution pour $d = 2$ a. l. est de 15,6 millions d'années et pour $d = 1$ a. l. de 5,5 millions d'années. La première de ces comètes aurait mis 780 millions d'années pour passer 50 fois au périhélie (réserve faite de perturbations par les planètes) et la seconde 275 millions d'années. Avec la durée de 330 millions d'années pour celle du système planétaire et cométaire on comprend qu'il puisse encore apparaître des comètes, notamment si celles dont $q > 3$ réduisent leur distance périhélie par les perturbations dues aux planètes. Par contre si l'on admet avec quelques géologues que l'âge de la Terre est de plusieurs milliards d'années, toutes les comètes, même celles qui ont la distance aphélie maxima, auraient passé tant de fois au périhélie qu'elles devraient avoir disparu et qu'aucune apparition de comètes ne devrait plus se produire.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'absorption des solutions d'érythrosine et la règle de Kundt.* Note (¹) de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Perrin.

La règle de Kundt, d'après laquelle les bandes d'absorption d'un corps coloré dissous se déplacent vers le rouge quand augmentent les pouvoirs réfringent ou dispersif du solvant comporte, ainsi qu'on sait, de nombreuses exceptions. Il reste d'ailleurs à décider, lorsqu'elle paraît se vérifier, lequel des deux pouvoirs intervient et sous quelle forme. Dans les essais d'interprétation du phénomène, alors que Schuster (²) conclut à l'influence exclusive de la dispersion, Knoblauch (³) établit que le déplacement doit rester proportionnel à la variation d'indice.

Comme contribution à cette étude, j'ai déterminé au spectrophotomètre Yvon les courbes d'absorption de six solutions obtenues en diluant au vingtième une même solution alcoolique d'érythrosine successivement avec : 1° eau pure; 2° solution de sucre de canne de titre 0,55 environ; 3° eau à 70 pour 100 de glycérine; 4° alcool éthylique; 5° alcool à 70 pour 100 d'essence minérale; 6° alcool à 70 pour 100 de benzine.

(¹) Séance du 28 mars 1927.
(²) Schuster, *Rep. Brit. Assoc.*, 12, 1882, p. 120-143.
(³) Knoblauch, *Wied. Ann.*, 54, 1895, p. 193-220.

L'absorption était mesurée pour neuf radiations équidistantes de l'intervalle 5100-5500^{A}, sous une épaisseur constante de 5^{cm}, dans une même cuve cylindrique fermée par des glaces. A part un très léger relèvement du maximum dans l'alcool et l'essence, les courbes obtenues montrent que le phénomène se réduit à un glissement de la bande vers le rouge, s'accentuant de la solution 1 à la solution 6.

Les courbes présentent, de part et d'autre du maximum, deux branches rectilignes qui, au degré de précision des mesures, conservent leur inclinaison dans le déplacement. On a pris, pour définir le maximum, l'abscisse λ_m correspondant à leur intersection. S'il en résulte une erreur sur la position du maximum, celle-ci est la même pour chacune des courbes et n'intervient pas dans l'évaluation des déplacements.

Dans le tableau qui suit on a mis en regard des λ_m ainsi définis, les densités d à 20° des six solutions, leurs indices moyens n à la même température dans l'intervalle spectral examiné et les valeurs Δn de la dispersion correspondant à cette intervalle.

	λ_m.	d.	n.	$\Delta n \times 10^4$.
1...........	5245	0,9936	1,3370	17
2...........	5290	1,2387	1,4290	23
3...........	5303	1,1587	1,4234	20
4...........	5319	0,8088	1,3645	20
5...........	5345	0,7000	1,3672	15
6...........	5372	0,8551	1,4592	34

Aucune des grandeurs envisagées ne varie dans le même sens que λ_m pour l'ensemble des six solutions. Toutefois, si l'on tient compte qu'à égalité d'indice λ_m varie en sens inverse de la densité, on est conduit à tenter d'interpréter les résultats par une relation de la forme

$$\lambda_m = a + bn - cd,$$

a, b, c étant des constantes.

En fait, si l'on donne à a, b, c les valeurs 4006, 1096 et 228, on calcule pour λ_m la série des valeurs

5245 5290 5302 5317 5345 5410

qui, à part la dernière, concordent avec les valeurs expérimentales.

Ceci tendrait à corroborer une théorie de Lénard (¹) sur la phosphores-

---

(¹) Lénard, *Ann. der Phys.*, 31, 1910, p. 641.

cence, théorie vérifiée par Schmidt [1], d'après laquelle les λ correspondant aux maxima d'excitation de phosphorescence varient comme la racine carrée de la constante diélectrique du diluant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination ébullioscopique des équilibres moléculaires de la résorcine dans les solutions aqueuses de chlorure de potassium.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, transmise par M. G. Urbain.

Dans le but de fixer la règle à employer pour le calcul des élévations des points d'ébullition des sels simples pour la détermination des complexes en solution, nous avons examiné les mélanges de chlorure de potassium et de résorcine en solution dans l'eau et constaté que de tels mélanges donnaient lieu à un écart négatif notable, de l'ordre de 0°,1 pour une concentration globale du mélange égale à 1,75. Parmi les explications possibles, on pouvait :

1° Admettre la formation d'un complexe, par exemple un acide fort, donnant plus d'ions que l'ensemble des constituants séparés, hypothèse bien invraisemblable, qui ne s'est d'ailleurs pas vérifiée.

2° Considérer les solutions de chlorure de potassium comme un milieu thermodynamiquement différent de l'eau pure et voir si une solution de teneur déterminée en chlorure de potassium n'était pas caractérisée par une constante ébullioscopique donnée k, qui devait être supérieure à 5,2, pour rendre compte des écarts négatifs observés.

Nous avons alors effectué quatre séries de déterminations d'élévations ébullioscopiques de solutions de résorcine dans le ClK, chacune d'elles étant définie par le rapport constant de la masse de chlorure de potassium à la masse d'eau présente dans le mélange ternaire. Nous les désignerons désormais par la solution de chlorure de potassium pur dans l'eau, possédant le rapport caractéristique de chaque série. Nous avons observé :

2e *Série* ClK : 0,25M (1g,8773 de ClK pour 100g d'eau).

Concentr. résorcine.	0,625	0,750	0,875	1,000	1,125	1,250
Δe observé	0°,320	0°,381	0°,442	0°,503	0°,560	0°,618

3e *Série* ClK : 0,5M (3g,7847 de ClK pour 100g d'eau),

Concentr. résorcine.	0,625	0,750	0,875	1,000	1,125	1,250
Δe observé.........	0°,338	0°,404	0°,467	0°,527	0°,591	0°,653
Concentr. résorcine.	1,375	1,500	1,625	1,750	1,875	»
Δe observé.........	0°,719	0°,778	0°,843	0°,901	0°,961	»

(1) Schmidt, *Ann. der Phys.*, 64, 1921, p. 713.

4ᵉ *Série* ClK : 1,00M (7ᵍ,6928 de ClK pour 100ᵍ d'eau).

Concentr. résorcine.	0,625	0,750	0,875	1,00	1,125	»
Δe observé.........	0°,386	0°,460	0°,530	0°,601	0°,671	»

5ᵉ *Série* ClK : 1,225M (9ᵍ,4930 pour 100ᵍ d'eau).

Concentr. résorcine.	0,500	0,625	0,750	0,875	1,000	1,125	»
Δ_e observé.........	0°,322	0°,397	0°,471	0°,544	0°,611	0°,689	»
Concentr. résorcine.	1,250	1,375	1,500	1,625	1,750	1,875	2,000
Δ_e observé.........	0°,755	0°,824	0°,8885	0°,954	1°,019	1°,098	1°,176

Théorie du phénomène. — Supposons que dans un certain domaine de concentration, il y ait équilibre entre molécules simples et molécules multiples :

$$n \underset{c}{C^6H^6O^2} \rightleftharpoons \underset{c'}{(C^6H^6O^2)^n}.$$

Si x, x' et a sont les masses respectives de molécule simple, de molécule associée, et totale de résorcine, en présence de 100ᵍ d'eau, on a

$$x + x' = a, \tag{1}$$

$$c + nc' = C, \tag{2}$$

c, c' et C étant les concentrations respectives des molécules simple, associée, et totale, cette dernière évaluée en molécules simples. De plus :

$$\frac{c}{nc'} = \frac{x}{x'}, \tag{3}$$

$$\Delta e = k\left(\frac{x}{110} + \frac{x'}{n \times 110}\right), \tag{4}$$

Δe étant l'élévation ébullioscopique de la résorcine, obtenue par différence entre les élévations de la solution aqueuse de résorcine et de chlorure de potassium, et de la solution correspondante de chlorure de potassium.

La loi des masses donne

$$K_n = \frac{c^n}{c'}. \tag{5}$$

On en tire, tous calculs faits :

$$K_n = \frac{n C^{n-1}(n \times 110\,\Delta e - ak)^n}{(n-1)^{n-1} k^{n-1} a^{n-1}(nak - n \times 110\,\Delta e)}. \tag{6}$$

Dans l'équation (6), tout est connu, sauf k et K_n. Nous indiquerons dans une Communication ultérieure, la méthode suivie pour déterminer k et K_n, et les résultats obtenus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le calcul des équilibres ioniques.* Note [1] de M. **P.-M. Vèzes**, présentée par M. G. Urbain.

Peut-on calculer, au moyen de la loi d'action de masse, la quantité du précipité obtenu dans une réaction de précipitation effectuée par mélange de deux solutions aqueuses données? Tel est le problème dont nous nous sommes proposé de trouver la solution.

Soit, par exemple, une précipitation effectuée en mélangeant, à volumes égaux, deux solutions, l'une de nitrate d'argent, l'autre d'acide chlorhydrique, de même dilution moléculaire $v = 50$, à une température déterminée t et sous la pression atmosphérique. Un litre de ce mélange, rendu homogène par agitation, contiendrait donc $0^{mol},01$ de chacun de ces deux corps, puisque le mélange en a doublé la dilution, s'il ne s'était produit la réaction donnant naissance à du chlorure d'argent insoluble :

$$AgNO^3 + HCl = HNO^3 + AgCl.$$

La liqueur contiendra donc, outre le précipité AgCl, des ions $Ag^{\cdot}$, $NO^{3\prime}$, $H^{\cdot}$, $Cl^{\prime}$, en même temps que des molécules non dissociées $AgNO^3$, HCl, HNO^3. Désignons, pour simplifier l'écriture, par a, b, c, d les concentrations, en ions par litre, que posséderont ces quatre ions au moment de l'équilibre; par e, f, g celles, en molécules par litre, de ces trois molécules; enfin par x celle du précipité AgCl (nombre de molécules du précipité par litre du mélange).

Entre ces huit inconnues, nous aurons deux sortes de relations :

1° Des *relations de dilution*, exprimant, pour chacun des éléments (ou groupe d'éléments) constituant ces ions, qu'il y en a $0^{at},01$ par litre. Pour l'argent, par exemple, il y en a a à l'état d'ions, e à l'état de nitrate, et x à l'état de chlorure. On écrira donc que

$$a + e + x = 0,01 \qquad (1)$$

et l'on aura de même, pour les trois autres ions,

$$b + e + g = 0,01, \qquad c + f + g = 0,01, \qquad d + f + x = 0,01. \qquad (1)$$

Remarquons que l'addition, deux à deux, de ces équations conduit à la relation

$$a + c = b + d$$

(1) Séance du 4 avril 1927.

qui exprime l'*électroneutralité* de la solution. Cette relation, que l'on aurait pu écrire, *a priori*, n'est donc pas distincte des relations de dilution.

2° Des *relations d'ionisation*, exprimant l'équilibre entre chaque molécule en partie dissociée et ses ions, d'après la loi de dilution; on sait que la relation $\frac{\delta^2}{v(1-\delta)} = k$, qui est l'expression de cette loi pour un électrolyte binaire, n'est applicable aux bons électrolytes que pour une dilution donnée v; k dépend de v et de t, tandis qu'il ne dépend que de t pour un mauvais électrolyte. Nous aurons donc, pour les trois corps $AgNO^3$, HCl, HNO^3, les équations

$$(2) \qquad ab = k_1 e, \qquad cd = k_2 f, \qquad bc = k_3 g,$$

k_1, k_2, k_3 étant trois grandeurs calculables, par la loi de dilution, au moyen des degrés de dissociation δ relatifs à la dilution $v = 100$ et à la température t, pour chacun de ces trois corps. A $t = 18°$ par exemple, les tables électrochimiques fournissent pour ces trois grandeurs les valeurs

$$k_1 = 0,1255, \qquad k_2 = 0,344, \qquad k_3 = 0,412.$$

Pour le précipité AgCl, nous aurons l'équation plus simple

$$(2) \qquad a d = k_4$$

exprimant que son produit de solubilité est constant. Sa valeur à 18°, fournie par les mêmes tables électrochimiques, est $k_4 = 0,87.10^{-10}$.

Nous avons donc, pour calculer les valeurs d'équilibre des huit variables a, b, c, d, e, f, g, x, les huit équations (1) et (2). Remarquons que les quatre équations (1) peuvent être mises sous la forme plus simple

$$(3) \qquad a - b = g - x = d - c, \qquad a - d = f - e = b - c.$$

La résolution par des éliminations successives, du système d'équations (1) (2), ou (2) (3), conduirait, par des calculs fort pénibles, à une équation de degré supérieur. Il paraît plus expédient d'opérer par approximations successives, en se donnant *a priori* les valeurs de deux inconnues auxiliaires, les différences $y = a - b$ et $z = a - d$. De cette dernière équation, et de la dernière des équations (2) se déduisent les valeurs des inconnues a et d, par l'équation du second degré $a^2 - za - k_4 = 0$ (dont on prend pour a la racine positive), et par l'équation $d = a - z$. On en déduit les valeurs de b et c par les relations $b = a - y$, $c = d - y$, puis l'une des trois inconnues e, f, g par celle des équations (2) qui lui correspond; les deux

autres de ces inconnues, ainsi que x, se déduisent enfin des équations (1) ou (3).

Comme contrôle, on calculera les deux constantes k non employées [par exemple k_2, k_3, si c'est la première des équations (2) qui a servi précédemment] : les valeurs trouvées différant généralement de 0,344 et 0,412, on recommencera des calculs semblables en modifiant un peu l'une ou l'autre des deux variables auxiliaires y et z, et l'on déterminera ainsi le sens dans lequel il faut faire varier l'une et l'autre, pour rapprocher de 0,344 et 0,412 les valeurs calculées de k_2, k_3. Quelques tâtonnements de ce genre finiront par conduire à des valeurs de y et de z qui fassent concorder k_2, k_3 avec leurs valeurs réelles.

L'application de cette méthode a conduit, dans l'exemple cité, aux résultats suivants :

$$a = 0{,}0000091,\quad c = 0{,}0097695,\quad e = 0{,}000000709,\quad g = 0{,}000230181,$$
$$b = 0{,}0097691,\quad d = 0{,}0000095,\quad f = 0{,}000000269,\quad x = 0{,}009990181.$$

On voit par là que, dans la réaction considérée, effectuée à 18°, la précipitation du chlorure d'argent est complète au $\frac{1}{1000}$ près; et que l'acide nitrique formé est en majeure partie dissocié : il n'en reste que 23 pour 100 à l'état de molécules.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Micro-titrage des ions chromiques et baryum basé respectivement sur la disparition ou l'apparition de la coloration jaune due aux ions chromiques.* Note [1] de M. **Robert-F. Le Guyon**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai donné dernièrement deux méthodes volumétriques, l'une pour le titrage des ions baryum [2], l'autre pour le titrage des ions chromiques. Ces deux méthodes sont basées sur des principes fort différents. Les ions baryum sont dosés par une solution titrée de chromate de potassium en présence de nitrate d'argent comme indicateur. Les ions chromiques sont précipités à l'état de chromate d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent dont l'excès est déterminé par la méthode de Charpentier-Volhard.

Ces travaux m'ont conduit à trouver une méthode de dosage réci-

---

(1) Séance du 4 avril 1927.

(2) Robert-F. Le Guyon, *Titrage des ions baryum* (*Bull. Soc. chim. de France*, **41-42**, 1927, p. 99).

proque de ces deux ions, méthode qui paraît s'imposer par sa simplicité. Si l'on fait couler avec une burette un volume mesuré d'une solution titrée de chromate de potassium dans le même volume d'une solution de titre correspondant de chlorure ou de nitrate de baryum, il précipite du chromate de baryum et la fin de la réaction correspond exactement à la disparition dans le liquide clair de la coloration jaune due aux ions chromiques. Inversement, pour le titrage des ions baryum, la fin de la réaction correspondra à la première apparition de la coloration jaune.

Mode opératoire. — Il est extrêmement simple. Soit à doser par exemple une solution de chromate de potassium. Je fais couler avec une microburette la solution titrée de nitrate de baryum dans une quantité mesurée d'une solution de chromate de potassium contenue dans un petit verre à pied de 80^{cm^3}. Le précipité de CrO^4Ba se déposant rapidement, on perçoit aussitôt dans le liquide clair si la solution est encore colorée en jaune. On continue dans ce cas à verser avec précaution la liqueur barytique jusqu'à disparition de la coloration jaune. Le virage se fait à une demi-goutte et le titrage demande de 3 à 5 minutes. Un opérateur non excercé fera bien d'opérer sur trois prélèvements dans trois petits verres. La méthode est très précise et d'autant plus sensible et rapide que l'on opère sur un plus faible volume de liquide. Sur 5 à 6^{cm^3} on se trouve placé dans les conditions très satisfaisantes.

Il est facile de calculer quelles quantités respectives de baryum ou de chrome sont précipitées par 1^{cm^3} des solutions du CrO^4K^2 et $(NO^3)^2Ba$, $\frac{N}{10}$, $\frac{N}{20}$ ou $\frac{N}{50}$.

La sensibilité de cette méthode est très grande. On peut doser avec précision jusqu'à $6^{mg},64$ de baryum et $2^{mg},49$ de chrome dans 2^{cm^3} de liqueur. Nous allons voir que la sensibilité de la méthode est de beaucoup accrue en opérant par centrifugo-volumétrie.

Procédé par centrifugo-volumétrie. — J'ai donné ici-même le principe d'un procédé général analytique que j'ai appelé centrifugo-volumétrie (¹) et dont M. Vogel avait déjà donné une application (²). Après centrifugation l'absence de précipité due à l'addition d'une goutte de réactif précipitant dans le liquide clair indique le terme de la réaction.

(¹) Robert-F. Le Guyon, *Nouveau procédé général analytique : la centrifugo-volumétrie* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 361).

(²) Joseph Vogel, *Untersuchungen über die Rubidium-Cäsium-Silber-Gold-Halogenide* (*Monatshefte für Chemie*, **46**, v-vi, 1925, p. 266).

Ce principe s'applique très bien pour le dosage des ions baryum et chromique. Si ce procédé est un peu plus long, en raison du temps passé aux centrifugations successives, il sera mieux exécuté par des opérateurs non entraînés, que celui consistant à laisser le précipité se déposer dans les petits verres. De plus il offre un double moyen de saisir le terme de la réaction. La disparition ou l'apparition de la coloration jaune correspondent en effet à l'absence de précipité de chromate de baryum. Dans de petits tubes centrifugeurs de contenance totale égale à 5^{cm^3}, on dose facilement $0^{mg},498$ de Cr, et $1^{mg},328$ de Ba dans 1^{cm^3} de liqueur $\frac{N}{50}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variabilité du degré de polymérisation du caoutchouc.* Note de MM. **Paul Bary** et **E. Fleurent**, présentée par M. G. Bertrand.

Depuis fort longtemps on a attribué au caoutchouc une constitution complexe comprenant deux corps à des états physiques assez différents l'un de l'autre et intimement mélangés. Des expériences plus récentes et nombreuses ont montré la réalité de ce fait qui n'est plus mis en doute. Les travaux de Feuchter ont conduit ce savant, en accord avec des idées déjà admises, à diviser la matière constitutive du caoutchouc en deux parties : une qui est diffusible dans les hydrocarbures et une autre qui ne l'est pas.

Dans des expériences anciennes, mais qui n'avaient pu être poursuivies, l'un de nous avait observé que les caoutchoucs bruts, c'est-à-dire ceux qui, après coagulation du latex, n'ont supporté aucun travail mécanique énergique, se distinguent de ceux qui ont été soumis au broyage, au laminage, etc., par le fait que, mis dans le benzène sans agitation, les derniers diffusent totalement dans le liquide et donnent une solution colloïdale apparemment homogène, alors que les premiers ne laissent diffuser qu'une partie de leur substance et qu'il reste un résidu, ou squelette, ayant à peu près la forme et les dimensions du caoutchouc après son gonflement.

Nous avons repris et poursuivi ces expériences dans le but de chercher à vérifier si les deux parties constitutives du caoutchouc, qui ne semblent différer l'une de l'autre que par leur degré de polymérisation, sont transformables l'une dans l'autre et, particulièrement, s'il peut y avoir reconstitution du caoutchouc qui a été transformé par le travail mécanique.

Les essais ont porté sur les feuilles d'*Hevea* de Ceylan de différentes sortes

qui donnent toujours à l'état frais des solutions homogènes, dont aucun squelette appréciable ne peut être extrait; ces feuilles, gardées à l'obscurité depuis 1914, ont été traitées comme il est dit plus haut et ont montré qu'elles avaient repris, au moins partiellement, leur constitution antérieure aux traitements mécaniques. Le tableau suivant rend compte de ces observations :

Poids de la partie non diffusible.	Solvant pour 100. Benzène.	Éther.	Essence minérale.	Tétraline.
Feuille fumée................	22,5	23,8	19,2	0
Crêpe blanc...	15,6	20	–	–

De ces résultats nous pouvons conclure que le poids de caoutchouc insoluble augmente avec le temps aux dépens de la partie soluble qui se transforme par polymérisation.

Par contre, si du caoutchouc est gardé un certain temps à une température supérieure à la normale, on sait qu'il perd de sa rigidité. Nous avons vérifié que la transformation ainsi produite équivalait à une dépolymérisation, en ce sens que la partie soluble se trouve augmentée.

Deux échantillons d'un même bloc de Para ont été placés dans des tubes scellés ne contenant qu'un très petit volume d'air et mis à température constante pendant 75 heures, l'un à 52°, l'autre à 63° C. A leur sortie de l'étuve et après refroidissement, les tubes ont été ouverts et soumis, pendant 56 jours, à des épuisements successifs dans le benzène. Ces épuisements montrent que pour l'échantillon chauffé à 52°, la quantité totale diffusée s'est élevée à 30,10 pour 100, tandis qu'elle a atteint 49,3 pour 100 pour l'échantillon chauffé à 63° (1).

Ainsi se trouvent confirmés les faits que nous nous proposions de vérifier directement :

1° La partie la plus polymérisée du caoutchouc augmente par un repos prolongé à l'abri de la lumière et à la température ordinaire.

2° Cette partie, au contraire, diminue par un séjour de quelque durée à une température supérieure à la normale et cette variation croît rapidement avec la température.

(1) Un travail plus étendu paraîtra dans un autre Recueil.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Utilisation des réactifs colorimétriques de* pH *pour la reconnaissance des bois verts ou secs.* Note (¹) de M. **R. Legendre**, présentée par M. J.-L. Breton.

MM. Roger Lyon, G. Fron et M. Fournier viennent de présenter (²) une méthode rapide de caractérisation des bois verts ou vieux par la détermination colorimétrique du pH de leur macération.

A la fin de 1924, la maison Pleyel expérimentait à son usine de Saint-Denis un procédé de vieillissement artificiel des bois verts dû à son administrateur délégué, M. Gustave Lyon.

Un essai eut lieu du 31 décembre 1924 au 30 janvier 1925, que je suivis comme représentant de l'Office national des Recherches et Inventions. J'apportai des planchettes débitées dans un frêne, un acacia, un orme et un sycomore qui avaient été abattus le 20 décembre à Bellevue; elles furent traitées parmi de nombreux autres lots de bois.

L'expérience terminée, on chercha à caractériser les modifications subies par les bois pendant le traitement. J'écrivais alors mon ouvrage sur *La concentration en ions hydrogène de l'eau de mer*. Il était tout naturel de penser que l'acidité de la sève et des liquides du bois avait dû varier et de le constater au moyen des réactifs colorimétriques de pH.

J'en fis l'expérience et, le 22 mai 1925, j'écrivais à M. Roger Lyon : « J'eus l'idée de rechercher les variations d'acidité éprouvées par ces bois du fait du vieillissement artificiel. Je constatai que, mouillés par une goutte de solution de rouge de méthyle, tous les bois verts donnent une teinte jaune, tous les bois traités une teinte rose intense, indiquant une variation de pH de l'ordre de 4,4 à 6,0. Il convient de noter qu'il y a là, semble-t-il, l'indication d'un procédé de détection rapide de l'ancienneté des bois. »

J'allai plusieurs fois à l'usine Pleyel, à Saint-Denis, montrer à M. Roger Lyon et les réactifs et les réactions que j'en obtenais. Depuis, il a, avec ses collaborateurs, modifié la technique d'estimation colorimétrique du pH des bois.

(¹) Séance du 4 avril 1927.
(²) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 754.

ICHTHYOLOGIE. — *Le comportement du Germon* (Thynnus alalonga *Gm*) *dans les couches d'eaux tièdes de faible épaisseur.* Note de M. G. **Belloc**, présentée par M. L. Joubin.

Au cours de la croisière de l'*Hébé*, nous avons abordé, dès le 22 mai, les eaux de la transgression atlantique, de température supérieure à 14°.

Le lendemain, nous apercevions les premiers Germons bondissant hors de l'eau et très reconnaissables à leurs longues nageoires pectorales. Ils étaient très nombreux et de taille moyenne (4 à 5^{kg} environ). Aucun d'eux n'a été capturé par nos lignes.

Les récoltes de plankton, faites pendant que le thon sautait, ont été très abondantes et composées en majeure partie de Crustacés parmi lesquels *Euthemisto bispinosa*.

D'autre part, les contenus stomacaux de Castagnoles (*Brama Raii*) capturées à la ligne de traîne, à la tombée de la nuit ou au lever du jour, étaient composés de jeunes Balaous (*Scombresox saurus*), de débris de Céphalopodes et d'*Euthemisto bispinosa*.

L'*Hébé* a croisé pendant quelques heures sur cette zone sans capturer de Germon.

Il arrive souvent — le cas fut particulièrement fréquent pendant la campagne de pêche 1926 — que le Germon abonde dans les eaux où croisent nos thonniers, mais ne mord pas sur l'appât habituel. A ce moment il paraît très actif et bondit souvent hors de l'eau ; c'est ce qui permet à nos pêcheurs de se rendre compte de son abondance.

Ailleurs, où le Thon ne saute pas, les captures sont au contraire très nombreuses.

Nous avons étudié soigneusement les conditions hydrobiologiques de ces deux régions si différentes quant à leur valeur pour la pêche, et leur comparaison nous a permis d'expliquer les attitudes différentes du germon.

Dans le premier cas, celui où ce Poisson saute, mais ne mord pas, la couche d'eau de température supérieure à 14° est de faible épaisseur, ainsi que le montre la figure 1, et toujours inférieure à 40^{m}.

D'autre part, le plankton est très abondant dans ces eaux chaudes et composé surtout d'animaux qu'on retrouve souvent dans les contenus stomacaux des Germons : *Euthemisto bispinosa* (crevettes rouges des pêcheurs) Céphalopodes divers, *Scombresox saurus*.

Dans cette mince couche d'eau superficielle, le Germon peut se nourrir abondamment au milieu de cette purée alimentaire très dense. Il n'est plus tenté par l'appât habituel (crin, paille de maïs). De plus, le Germon est un poisson très rapide; le champ de ses évolutions étant très réduit, il lui arrive souvent de sortir hors de l'eau et il semble bondir de façon désordonnée.

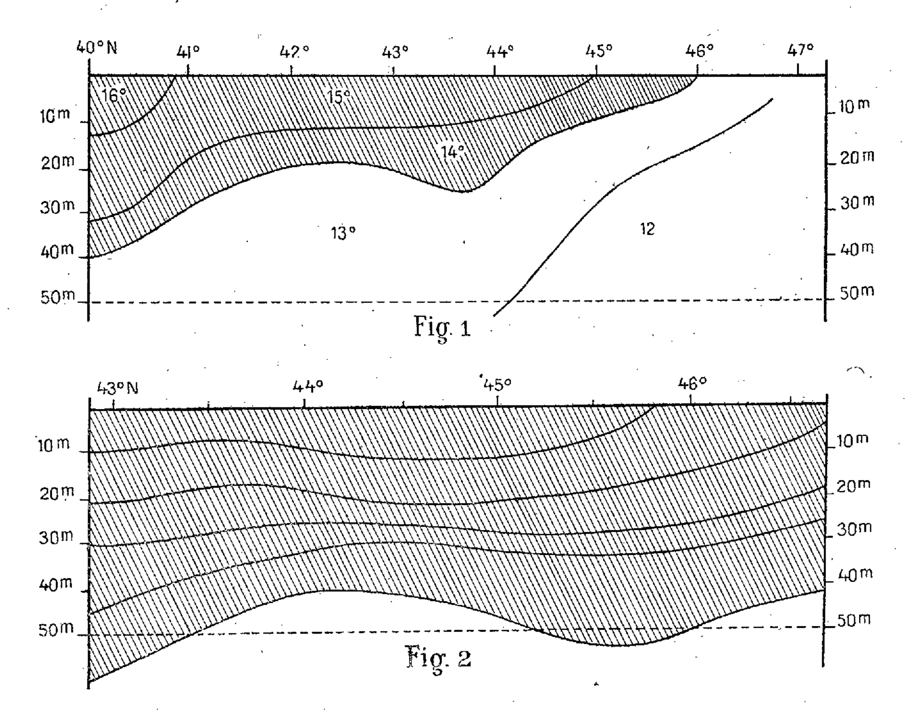


Fig. 1

Fig. 2

Au contraire, dans la région où l'on pêche du Thon, la couche d'eau de température supérieure à 14° atteint au moins 40^m.

La figure 2 représente une section hydrologique de la région où nous avons capturé des Germons pendant le voyage de retour. Elle est l'illustration de la loi de M. Le Danois, qui pourrait être ainsi précisée au point de vue spécial de la pêche :

« On pêche le Germon en été, à l'ouest des côtes de France, dans les eaux dont la température à 40^m de profondeur est supérieure à 14°. »

En résumé, le Germon fréquente ordinairement les eaux de température supérieure à 14° (que les pêcheurs commencent à appeler eaux à thons) mais il a, suivant l'épaisseur de cette couche d'eau, une attitude et des réactions différentes sur les appâts habituellement en usage.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Dans une sérumalbumine hémolytique, l'activité spécifique n'est pas liée à la totalité de la protéine.* Note de M. **Maurice Piettre**, transmise par M. Matignon.

Poursuivant nos recherches sur les localisations chimiques, dans les immunsérums, des anticorps, les uns insolubles accompagnant la sérumglobuline, les autres solubles liés à la sérumalbumine, nous avons étudié dans deux Notes précédentes (¹) l'un de ces derniers, l'hémolysine d'un sérum hémolytique antimouton et précisé certains points relatifs à la formation du complexe classique sensibilisatrice-antigène.

Dans ce nouveau travail, nous avons abordé la délicate question de l'activité spécifique d'une sérumalbumine hémolytique en fonction du poids de la protéine engagée.

Nos premières expériences ont donc consisté à fractionner, par la chaleur et par précipitation alcoolique, une solution de sérumalbumine hémolytique, préalablement titrée, aux points de vue activité spécifique et teneur en matière sèche, et à lui comparer les différentes fractions isolées.

I. *Fractionnement par la chaleur.* — On sait (²) que la sérumalbumine obtenue d'un sérum normal par la méthode à l'acétone, c'est-à-dire en *réaction acide*, soumise à l'action ménagée de la chaleur, se trouble aux environs de 50°, puis précipite par paliers jusque vers 80° en petits flocons blanchâtres, grenus, sableux. Si, à une température donnée, on interrompt l'action de la chaleur et centrifuge la solution en voie de coagulation, on sépare une liqueur parfaitement claire et un dépôt qui peut être aisément lavé et même remis en solution aqueuse à l'aide de soude $\frac{N}{10}$ ou $\frac{N}{1}$.

Pour des concentrations voisines de 2,5 pour 100, on précipite aux températures de 60, 65 et 70° les proportions moyennes suivantes : 33, 45 et 58 pour 100 de la protéine totale.

Au contraire, en *réaction alcaline*, la sérumalbumine reste parfaitement limpide sans donner aucun précipité.

Nous avons appliqué la connaissance de ces propriétés à une sérumalbumine hémolytique, provenant d'un sérum de cheval hémolysant les globules de mouton au taux de 2 pour 100.

(¹) Piettre, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1051 et 1569.

(²) Piettre et Vila, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 372 et 1466.

Voici en quelques lignes les données d'une expérience :

Sérumalbumine *acide* à $2^g,47$ pour 100 de sec :

7^{cm^3} portés à	60° abandonnent	$0^g,0563$	de précipité, soit	32,65	pour 100.
» »	65° »	0,070	»	40,48	»
» »	70° »	0,0923	»	51,38	»

Sérumalbumine de même concentration, mais rendue *alcaline;* trois prises d'essai de 7^{cm^3} sont chauffées respectivement à 60, 65 et 70°.

Précipités obtenus par chauffage à 60, 65 et 70° de la solution de sérumalbumine acide. Ces trois précipités sont séparément centrifugés, lavés, remis en solution aqueuse alcaline et ramenés au volume initial (7^{cm^3}).

On compare, au point de vue de leur activité hémolytique, ces trois sortes de produits, à la fois avec la sérumalbumine et le sérum initial.

Les déterminations les plus caractéristiques, faites par M. Chrétien, sont consignées dans le tableau suivant :

Durée de sensibilisation.	Taux de sensibilisation.	Alexine. $\frac{1}{10}$.	Sérum.	Sérumalbumine.	Sérumalbumine acide chauffée à 65°. Partie restée en solution.	Sérumalbumine acide chauffée à 65°. Précipité redissous en liqueur alcaline.	Sérumalbumine alcalinisée chauffée à 65°.
1h10m	1 pour 100	0,1	Hémolyse en 20′	Incomplète en 30′	Incomplète en 30′	0	Incomplète en 30′
		0,2	6′,5	12′	15′	0	14′
		0,3	4′	6′	6′	0	7′,5
1h10m	2 pour 100	0,1	8′,5	11′	10′	0	9′
		0,2	3′,5	4′	3′,5	0	3′,5
		0,3	3′	3′	3′	0	3′

De ces expériences répétées plusieurs fois, il se dégage, entre autres conclusions, celle très nette que l'élimination de 32 à 41 pour 100 de protéine n'entraîne aucun abaissement sensible de l'activité hémolytique initiale.

II. *Fractionnement par précipitation alcoolique.* — De 10^{cm^3} d'une solution de sérumalbumine hémolytique contenant $0^g,3085$ de sec, on sépare, par précipitation alcoolique ménagée, $0^g,2067$ de protéine sèche, soit 66 pour 100.

Ces $0^g,2067$, dissous dans 10^{cm^3}, donnent une solution limpide qui est comparée, au point de vue activité spécifique, à la sérumalbumine totale et au sérum initial.

Durée de sensibilisation.	Taux de sensibilisation.	Alexine $\frac{1}{15}$.	Sérum.	Sérumalbumine.	Précipité alcoolique
		0,1	Hémolyse	très marquée en	30′
3h15m	2 pour 100	0,2	6′	7′	5′
		0,3	4′	5′	4′
		0,1	part. en 30′	très faible en 30′	part. en 30′
15m	1,5 pour 100	0,2	11′	presque totale	10′
		0,3	5′	8′	3′

Conclusions. — Ces expériences établissent que, si l'hémolysine accompagne, dans la méthode à l'acétone, la sérumalbumine, elle n'est pas liée à la totalité de cette protéine. Le départ de 32 à 41 pour 100 de cette dernière peut, en effet, être réalisé sans amoindrir, d'une façon sensible, le pouvoir spécifique primitif.

Elles réalisent, en ce qui concerne le sérum hémolytique, une véritable technique de concentration (peut-être applicable à d'autres sérums), puisque ont été successivement écartées, les globulines et une partie de l'albumine, soit en moyenne 70 pour 100 des protéines sériques totales.

Enfin elles tendent à légitimer la conception de l'anticorps, véritable entité chimique, qui semble devoir se dégager de plus en plus nettement à mesure que progresse la connaissance des constituants du sérum.

SÉROLOGIE. — *Action particulière du nickel métallique sur les sérums humains normaux.* Note de Mlle **A. Siegler**, présentée par M. Roux.

Nous avons institué une série de recherches sur le rôle des sels dans la réaction de Bordet-Wassermann. Pour débarrasser les sérums de leurs albumines, nous les avons soumis à une ultrafiltration à travers les cartouches en papier filtre sans cendre, imbibées de collodion acétique à 10 pour 100 et montées sur étuis en nickel (procédé utilisé par M. Delaville dans des expériences encore inédites). L'ultrafiltration a lieu du dehors en dedans au moyen d'aspiration. Des filtrats obtenus dans ces conditions avec des sérums syphilitiques nous ont fourni régulièrement une réaction de B.-W. positive [1]. Ce fait était pour nous surprendre, car

[1] Toutes nos séro-réactions ont été effectuées avec des sérums inactivés par le chauffage à 56° pendant 30 minutes et en présence d'une alexine humaine et d'un antigène de Bordet-Ruelens.

il contredisait les expériences de M. Mutermilch ([1]) faites en 1909. En effet cet auteur avait constaté que les sérums syphilitiques, soumis à une filtration sous pression à travers les sacs en collodion montés sur des tiges en verre, se comportaient comme des sérums normaux.

Voulant élucider cette question nous avons soumis des sérums humains *normaux* à une ultrafiltration par le premier de ces procédés, et là encore, à notre grande surprise, nous avons constaté que ces sérums devenaient à leur tour Wassermann positifs. Après nous être rendu compte que cette discordance des résultats ne pouvait être attribuée au mode de filtration (par aspiration du dehors en dedans ou par pression du dedans en dehors), nous avons étudié tout spécialement le rôle du nickel, et voici ce que nous avons constaté :

1° Un sérum humain normal, mis en présence d'une bougie nue en nickel, pendant 2 heures et demie à la température du laboratoire, fournit une réaction B.-W. positive.

2° Le même résultat fut obtenu avec des rondelles en nickel pur, mais la surface de celles-ci étant plus petite que celle des étuis en nickel, ce résultat ne fut obtenu qu'après un contact de 24 à 48 heures.

3° Un *ultrafiltrat* d'un sérum normal (contrôles des albumines, globulines et cholestérine négatifs), dans les mêmes conditions expérimentales, devient également Wassermann positif.

4° L'eau physiologique, prise comme témoin, fournit une réaction de B.-W. négative.

Cependant, malgré cette analogie frappante entre les sérums syphilitiques d'un côté et les sérums normaux soumis à l'action du nickel de l'autre, ces derniers se comportent comme des sérums négatifs lorsqu'ils sont examinés par une des réactions de floculation ou d'opacification (Sachs-Georgi, Meinicke, Vernes). Malgré la différence énoncée ci-dessus entre les sérums syphilitiques et les sérums normaux soumis à l'action du nickel, nous pensons qu'il est très intéressant de poursuivre nos recherches dans cette voie nouvelle en utilisant, d'un côté, certaines techniques physico-chimiques, comme la détermination du potentiel d'oxydation-réduction (méthode Clark), vitesse d'oxydabilité (méthode Wurmser), réserve alcaline, pH, etc., et les techniques appliquées aux ferments oxydants, réducteurs, etc., de l'autre.

Voici, dans cet ordre d'idées, une expérience qui semble projeter un peu de lumière sur le mécanisme de notre phénomène :

([1]) MUTERMILCH, *C. R. Soc. Biol.*, 67, juillet 1909, p. 125.

Nous avons soumis les sérums humains normaux à l'action du nickel, *dans le vide*, et nous avons constaté que, contrairement à ce qui se passe en présence de l'air, ces sérums ne se transforment pas en sérums positifs. Ce fait, ainsi que le rôle prépondérant de la surface métallique dans ce phénomène, nous ont amené à l'*hypothèse du rôle catalyseur du nickel*.

MÉDECINE. — *Sur l'emploi d'un gaz comme véhicule pour l'introduction des émanations radioactives dans l'organisme*. Note de MM. **Raoul Bayeux** et **Georges Vaugeois**, présentée par M. d'Arsonval.

On connaît depuis longtemps déjà les effets importants que l'introduction des émanations radioactives dans l'organisme des êtres vivants est susceptible d'apporter dans l'activation des échanges vitaux : augmentation de l'absorption de l'oxygène et de l'élimination de l'acide carbonique, de l'azote total urinaire et de l'acide urique, élévation du quotient respiratoire, etc. En somme, stimulation générale des combustions organiques.

D'autre part, certains états diathésiques (arthritisme, goutte, toxémies, états anaphylactiques ou colloïdoclasiques) sont améliorés par ces émanations, de sorte qu'il y a un intérêt primordial à régler les conditions les plus parfaites, comme rapidité et comme précision, de leur introduction dans l'organisme.

Nous nous sommes attachés, depuis un certain temps, à cette recherche et nous avons considéré que, à côté des boissons radioactivées, des inhalations et des balnéations, il serait intéressant d'employer, pour l'administration des émanations, les injections hypodermiques d'un gaz radioactivé, grâce auquel on pourrait fixer, dans une cavité choisie, une valeur radioactive précise, en volume minimum et en puissance bien déterminée.

Dans ce but, l'un de nous a réalisé des tubes métalliques renfermant une nacelle que remplit soit un sel de radium, soit un sel de thorium, spécialement préparé et convenablement dosé, libérant la quantité donnée de radon ou de thoron [1] qu'il s'agit d'injecter en conjonction avec le gaz qui lui sert de véhicule. Ces tubes sont légers et peu volumineux : longueur 7^{cm}; diamètre : $1^{cm},6$; poids : 80^{g}. Pour distribuer l'oxygène radioactivé avec la précision désirable, nous les avons adaptés à l'*Oxygénateur de précision* de Bayeux-Richard par un tube de caoutchouc qui permet de

---

[1] G. Vaugeois, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1277.

balayer l'émanation en un volume gazeux variable et de l'administrer, non seulement en piqûres hypodermiques, mais aussi en insufflations intra-organiques ou intra-splanchniques. L'adaptation se fait par deux raccords, chacun d'eux placé à une extrémité du tube métallique. Deux robinets permettent de fermer le tube émanogène pour que l'émanation puisse s'accumuler. On sait que les vitesses de débit de l'*Oxygénateur* peuvent varier entre 10 et 500^{cm^3} par minute, ce qui permet toute élasticité d'application.

Chaque tube émanogène est relié directement à l'instrument d'introduction : aiguille hypodermique ou canules diverses pour la plèvre, la vessie, l'utérus, l'intestin, les articulations, etc. Grâce à cette disposition, l'émanation balayée ne vient pas en contact avec le caoutchouc.

Nous avons fait une série d'applications thérapeutiques avec le radon ou le thoron. Elles nous ont donné des résultats très probants. L'un de nous a pratiqué plusieurs pneumo-thorax thérapeutiques avec des gaz radioactivés (oxygène, air ou azote) et a noté une amélioration inusitée dans les phénomènes morbides. Dans certains autres cas (cystite, métrites, arthrites), les effets curateurs ont été tout aussi remarquables. Dans les injections sous-cutanées en particulier, nous avons observé que la présence de l'émanation double la vitesse d'absorption de l'oxygène, phénomène de haute importance pour le traitement des asphyxies.

Ces expériences nous paraissent de nature à faciliter l'emploi des émanations dans le traitement des tumeurs. La possibilité d'obtenir un débit de gaz minimum avec une saturation maxima permettra l'introduction des émanations à leur périphérie ou même dans leur masse.

M. **Nicolas de Kolossowsky** adresse une Note *Sur l'entropie des gaz au zéro absolu.*

La séance est levée à $15^h 40^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1926 (*suite*).

Comité géologique : Matériaux pour la géologie générale et appliquée. Léningrad.
Comité international des poids et mesures (Procès-verbaux des séances). Paris.
Comité national d'études sociales et politiques (Conférences). Paris.
Commentationes physico-mathematicæ. Helsingfors.
Communications from the physical Laboratory. Leiden.
Communications of the General Experiment Station for Agriculture. Buitenzorg.
Compagnie des Chemins de fer du Midi (Rapport du Conseil d'administration). Paris.
Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée (Rapport du Conseil d'administration). Paris.
Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Genève.
Compte rendu des séances du Conseil d'hygiène publique et de salubrité. Paris.
Comptes rendus de l'Académie des sciences de l'Union des Républiques soviétiques socialistes. Léningrad.
Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture de France. Paris.
Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales. Paris.
Comptes rendus des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Genève.
Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section internationale d'hydrologie scientifique (Bulletin). Venise.
Contribucion al estudio de las ciencias físicas y matemáticas. La Plata.
Contributions from the Mount Observatory Wilson. Washington.
Contributions from the Princeton University Observatory. Princeton.
Côte d'Azur médicale (La). Nice.

Department of Commerce. Bureau of Standards (Miscellaneous publications, Circular, Technologic papers). Washington.
Department of the Interior Bureau of Education (Bulletin). Washington.
Department of the Interior. Mineral resources of the U. S. Washington.
Department of the Interior. U. S. geological survey : Water-supply paper. Washington.
Det Kungl. danske Videnskabernes selskab meddelelser. Kœbenhaven.
Det Norske videnskaps Akademi i Oslo. Oslo.

Échanges France-Yougoslavie. Lyon.

Écho de l'Union sociale d'ingénieurs catholiques U. S. I. C. Paris.
École nationale vétérinaire de Lyon. Thèses. Lyon.
Ecology. Brooklyn.
Economic Proceedings (The) of the Royal Dublin Society. Dublin.
Efemérides astronomicas. Coimbra.
Ekonomisk Tidskrift. Stockholm.
El-Alevy. Beyrouth.
El Orinoco. Caracas.
El Ouazir. Tunis.
Enseignement mathématique (L'). Paris, Genève.
Estadistica agro-pecuaria. Buenos-Aires.
Est européen (L'). Varsovie.
Étoile bleue (L'). Paris.

Farmers' Bulletin. Washington.
Fennia. Helsingfors.
Feuille de documentation bibliographique des postes, des télégraphes et des téléphones. Paris.
FF communications; edited for the Folklore fellows. Helsingfors.
Field museum of natural history publication. Chicago.
Field Museum of natural History (Leaflet). Chicago.
First report on the reconstruction of the Tokyo imperial University Library. Tokyo.
Flora sibiriæ et orientis extremi. Leningrad.
Flore générale de l'Indo-Chine. Paris.
Folia Clinica, chimica et microscopica. Bologna.
Fortschritte der Geologie und Paleontologie. Berlin.
Francexport. Paris.
Franklin Institute (The). Year-book.

Gazette des hôpitaux civils et militaires. Paris.
Génie civil (Le). Paris.
Geofysiske publikasjoner. Oslo.
Geographical journal (The). London.
Géographie (La). Paris.
Geological literature. London.
Geological survey of China. Peking.
Geological Survey of Nigeria. London.
Giornale di bibliografia tecnica internazionale. Bologna.
Goeteborgs kungliga vetenskaps och vitterhets samhaelles handlingar. Goeteborg.

Harvard College Observatory (Circular; Bulletin). Cambridge (Mass.).
Helvetica chimica acta. Bâle et Genève.

ERRATA.

(Séance du 28 février 1927.)

Note de M. *Kolossoff*, Sur une transformation des équations de l'élasticité :

Page 513, ligne 4, *au lieu de* la valeur de $N_1 - N_2$, *lire* la valeur de $N_1 + N_2$.

(Séance du 28 mars 1927.)

Note de M. *R. Mazet*, Sur l'écoulement d'un liquide à partir du repos, dans un liquide de même densité en mouvement permanent :

Page 801, note (1), au lieu de *fisicci*, lire *fisica*.

Page 802, ligne 3, *au lieu de* $\psi(s - a)$, *lire* $\psi(s \mid a)$; ligne 4, *au lieu de*

$$-2\int_0^a \psi(a')\omega(a')\,da',$$

lire

$$+2\int_0^a \psi(a')\omega(a')\,da'.$$

Note de M. *Maurice Lecat*, Formules pour la prévision des constantes azéotropiques :

Page 818, ligne 11, *au lieu de* $-0,42\,\Delta$, *lire* $-0,52\,\Delta$.

(Séance du 4 avril 1927.)

Note de MM. *C. Matignon* et *M. Piettre*, Préparation du chlorure de glucinium :

Page 853, note (1), *au lieu de* **151**, 1911, p. 387, *lire* **152**, 1911, p. 87.

Note de M. *Joseph Magrou* et de Mme *Madeleine Magrou*, Radiations mitogénétiques et genèse des tumeurs :

Page 905, ligne 2 de la note (2), *au lieu de* **124**, 1927, p. 1, *lire* **184**, 1927, p. 841.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 20 AVRIL 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

CORRESPONDANCE.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur une figure d'équilibre, de révolution, d'une masse liquide en rotation, soumise à l'attraction newtonienne entre ses particules et à la tension superficielle.* Note [1] de M. **André Charrueau**, transmise par M. Appell.

Soient $\frac{4}{3}\pi R^3$ le volume d'une masse liquide tournant autour de son axe de révolution, *sans axe matériel de rotation;* χ, δ et f la constante de Newton, la densité du liquide et sa tension superficielle. La sphère est la figure d'équilibre absolu. Nous allons déterminer, pour de petites valeurs de la vitesse de rotation ω, en négligeant les quantités d'ordre égal ou supérieur à 4 en ω, la surface de révolution, voisine de la sphère, qui est une figure d'équilibre relatif, pour notre masse liquide, soumise simultanément aux actions newtonienne et superficielle *et à une pression extérieure uniforme.*

Soient P le potentiel newtonien de la masse ; R et R′ les rayons de courbure principaux de la surface, en un point distant de x de l'axe de révolution (R et R′ sont comptés positivement quand le centre de courbure correspondant est du côté du plan tangent où se trouve le liquide).

Puisque la pression extérieure est constante, on a, sur la surface :

$$\left(P+\frac{\omega^2 x^2}{2}\right)\delta - f\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R'}\right) = \text{const.} \tag{1}$$

---

[1] Séance du 4 avril 1927.

Si la même masse n'était soumise qu'à l'attraction newtonienne et tournait avec une vitesse ω_1, une surface d'équilibre serait un ellipsoïde de Maclaurin, sur lequel on aurait

$$(2) \qquad \left(P_1 + \frac{\omega_1^2 x^2}{2}\right)\delta = \text{const.},$$

P_1 étant le potentiel newtonien de la masse, ici, ellipsoïdale.

Si, au contraire, la même masse n'était soumise qu'à la tension superficielle et tournait avec une vitesse ω_2, une figure d'équilibre serait une surface de révolution, du genre étudié par nous [1], et sur laquelle on aurait

$$(3) \qquad \frac{\omega_2^2 x^2}{2}\delta - f\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_2}\right) = \text{const.},$$

R_2 et R'_2 étant les rayons de courbure principaux, au point distant de x de l'axe de révolution et de rotation. Par un choix convenable de ω_1 et de ω_2, on peut amener les deux surfaces de révolution (2) et (3), à avoir exactement la même circonférence équatoriale.

En se reportant à la théorie classique des maclaurins, on s'aperçoit que, pour ω_1 suffisamment petit et a_1 étant le rayon équatorial,

$$(4) \qquad \frac{a_1}{R} = 1 + \frac{5\omega_1^2}{16\pi\chi\delta} \cdots$$

Pour les surfaces (3), on a, pour ω_2 suffisamment petit (voir notre Mémoire précité de 1926, p. 144), a_2 étant le rayon équatorial :

$$\frac{a_2}{R} = 1 + \frac{\omega_2^2}{24 f} R^2 \ldots.$$

L'égalité $a_1 = a_2$ aura lieu pour

$$(6) \qquad \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} = \frac{2\pi\chi\delta^2 R^3}{15 f} + \varepsilon.$$

où ε est du second ordre en ω_1 et ω_2.

L'ellipsoïde (2) correspondant à ω_1 et la surface (3) correspondant à ω_2

---

(1) CHARRUEAU, *Étude d'une masse liquide de révolution...* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, 43, 1926, p. 129 à 176); *Sur quelques propriétés géométriques des surfaces d'équilibre...* (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1601 à 1603).

ont ainsi la même circonférence équatoriale et enveloppent le même volume. Elles ne diffèrent donc, l'une de l'autre, que de quantités du 4ᵉ ordre en ω_2, d'après un résultat indiqué dans notre Mémoire de 1926, à la page 143. Aux quantités du 4ᵉ ordre près, l'ellipsoïde (2) satisfait donc également à (3), par suite à (2) et (3) additionnées et aussi à (1), si l'on a $\omega_1^2 + \omega_2^2 = \omega^2$. Ce qui, d'après (6), donne

$$(7) \qquad \frac{\omega_1}{\omega} = \sqrt{\frac{2\pi\chi\,\delta^2 R^3}{2\pi\chi\,\delta^2 R^3 + 15f}},$$

$$(8) \qquad \frac{\omega_2}{\omega} = \sqrt{\frac{15f}{2\pi\chi\,\delta^2 R^3 + 15f}},$$

avec une erreur d'ordre égal à 2, en ω. En prenant pour $\frac{\omega_1}{\omega}$ et $\frac{\omega_2}{\omega}$ les valeurs (7) ou (8), au lieu des valeurs exactes, on ne modifie les surfaces correspondantes que de quantités du 4ᵉ ordre en ω, d'après (4) et (5). En définitive, *à des quantités de l'ordre de ω^4 près, la surface d'équilibre de révolution correspondant à la petite vitesse ω, pour les actions newtonienne et superficielle simultanées, se confond :*

1° *avec le maclaurin correspondant à la même masse liquide, supposée soumise uniquement à l'action newtonienne et à une rotation ω_1 telle que*

$$\omega_1 = \omega\sqrt{\frac{2\pi\chi\,\delta^2 R^3}{2\pi\chi\,\delta^2 R^3 + 15f}};$$

2° avec la figure d'équilibre de la même masse, supposée uniquement soumise à l'action superficielle et à une rotation ω_2 telle que

$$\omega_2 = \omega\sqrt{\frac{15f}{2\pi\chi\,\delta^2 R^3 + 15f}}.$$

On retrouve tous les résultats qui précèdent, en cherchant *directement* à vérifier (1) par un ellipsoïde de révolution et en négligeant, dans les développements en série, les quantités de l'ordre de l^4, avec $l^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$, où b est le demi-petit axe de l'ellipsoïde et a son rayon équatorial.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la systématique de rayons X.* Note ([1]) de M. **V. Dolejšek**, présentée par M. M. de Broglie.

En considérant la validité de la loi de Moseley à travers le système périodique entier, Bohr et Coster ([2]) ont démontré que les déviations de celle-ci sur les niveaux divers se manifestent aux lieux prévus d'après la théorie de Bohr.

Dans cette Communication je voudrais faire quelques remarques sur la validité de la loi dans le cas des lignes.

Dans les hypothèses actuelles on peut prévoir que les déviations les plus petites de la loi auront lieu pour les lignes et les niveaux les plus voisins du noyau.

Dans un travail ([3]) en commun avec l'auteur de cet article, Siegbahn a construit une courbe du deuxième degré pour représenter les valeurs de la ligne $K\beta_1$ du groupe des éléments entre les numéros atomiques 16-30.

On ne peut appliquer à cette courbe la méthode d'extrapolation car dans le voisinage des éléments de numéros atomiques 18 A et 30 Zn les différences entre les valeurs mesurées et calculées deviennent trop grandes.

En considérant d'une manière plus précise le caractère de ces déviations j'ai trouvé qu'on peut exprimer toutes les lignes et tous les niveaux par une équation (du troisième degré au plus) sous la forme de

$$\sqrt{\frac{\nu}{R}} = a + bN + cN^2 + dN^3,$$

où N est le numéro atomique, et *a*, *b*, *c*, *d* les coefficients empiriquement déterminés de la ligne ou du niveau en question. On peut aussi écrire cette équation sous la forme

$$\sqrt{\frac{\nu}{R}} = b'(N-\sigma_1) + c'(N-\sigma_2)^2 + d(N-\sigma_3)^3,$$

([1]) Séance du 11 avril 1927.

([2]) Bohr et Coster, *Zts. f. Phys.*, **12**, 1923, p. 362. — D. Coster, *Phil. Mag.*, **43**, 1922, p. 1070.

([3]) Siegbahn et Dolejšek, *Zts. f. Phys.*, **10**, 1922, p. 164.

soit

$$\sqrt{\frac{\nu}{R}} = \sum k_n (N - \sigma_n)^n \qquad (n = 1, 2, 3),$$

où l'on peut choisir pour σ_n des valeurs caractéristiques qu'on peut interpréter comme on le fait habituellement.

Conformément à cette interprétation on trouve que l'allure des lignes K (les plus rapprochées du noyau) est plus compliquée que celle-ci des lignes L, M, N.

J'ai constaté de plus que pour dégager l'allure de la ligne $K\alpha_1$ il faut employer une équation de troisième degré, dont les coefficients ne sont pas encore déterminés exactement.

L'allure de la ligne $L\alpha_1$ est entièrement précisée par une équation de deuxième degré ($d = 0$) où les valeurs des coefficients a, b, c sont

$$a = -2,059, \qquad b = 0,3513, \qquad c = 0,00017.$$

Si l'on représente graphiquement l'allure des écarts entre les valeurs observées et les valeurs calculées, il devient évident que les valeurs de ces déviations sont également une fonction des numéros atomiques.

Ces déviations, passées jusqu'à présent inaperçues, à cause de leurs valeurs trop faibles, montrent une régularité définie, mais d'un caractère tout à fait différent de l'équation donnée plus haut. Elles présentent des variations d'allure propre. Je vais les appeler variations de périodicité.

La ligne $L\alpha_1$ étant une des lignes mesurées avec une très grande précision on peut déterminer sur elle des variations très petites, et il apparaît que lesdites variations de périodicité ne se montrent que dans le voisinage des gaz rares.

Dans le voisinage de l'élément du numéro atomique 29 une variation brusque se manifeste dans l'allure des différences des lignes $L\alpha_1 - L\beta_1$ et $Ll - L\eta$, comme M. Thoreus [1] l'a démontré dans la série K, MM. Siegbahn et Ray avaient trouvé auparavant une relation pour la différence $\Delta\lambda$ du doublet $K\alpha_1$, $K\alpha_2$.

La ligne L_{β_1} donne lieu à des remarques analogues.

En plus de cette variation au voisinage de l'élément numéro atomique 29,

---

(1) *Phil. Mag.*, 7, 1926, p. 312.

il y a encore une variation tout à fait analogue au voisinage de l'élément de numéro atomique 78.

Je veux souligner ce fait très intéressant que le centre de la symétrie de la courbe exprimant ces variations se trouve dans le voisinage de l'élément de numéro atomique 59 (moitié de tous les éléments possibles selon la théorie de Bohr).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la tension superficielle des mélanges liquides dans le voisinage de l'état critique.* Note [1] de M. P. **Brun**, présentée par M. G. Urbain.

Comme suite de l'étude que nous avons entreprise des tensions superficielles des mélanges hydroalcooliques [2], nous avons été conduits à rechercher l'influence de la zone critique de miscibilité sur cette propriété, et à mesurer la tension à la surface de séparation des deux couches qui se forment à partir d'une solution hétérogène. Des études semblables ont été entreprises déjà, dans le cas des mélanges binaires, par MM. Whatmough [3], Antonov [4], etc.

On sait que, théoriquement, les tensions superficielles de deux couches liquides qui tendent vers le point critique doivent être égales. Par suite, la tension à la limite de séparation des deux couches doit devenir nulle. Quincke [5] a établi en effet que la tension à la surface de contact est inférieure à la différence des tensions liquides :

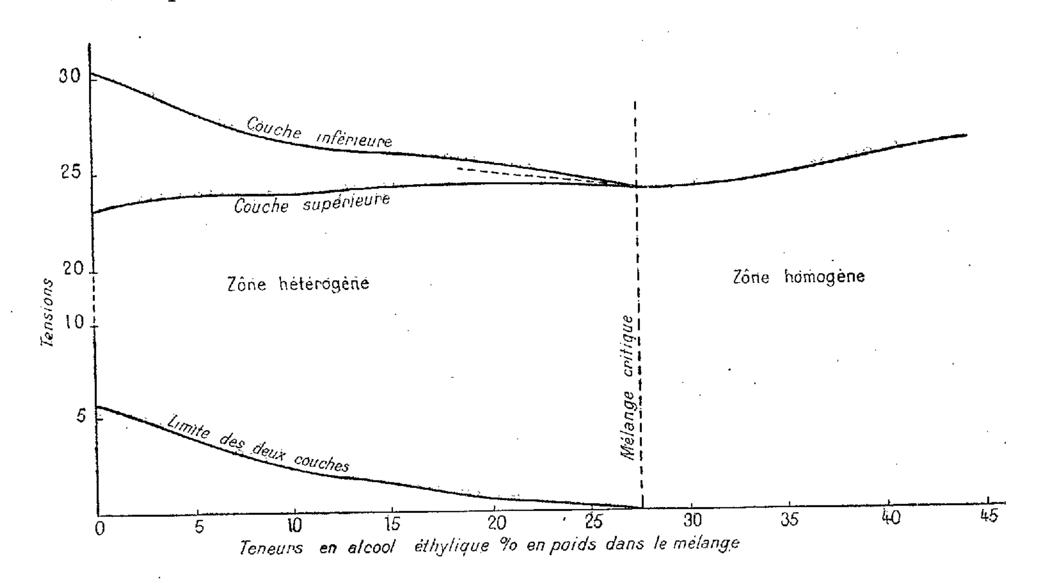
$$A_{1.2} < A_1 - A_2.$$

C'est ce que nous avons vérifié dans le cas de l'alcool isoamylique, par exemple. Nous avons employé la méthode du compte-gouttes, modifiée par M. Antonov, qui consiste à faire monter les gouttes d'un liquide, la solution alcoolique, à travers l'autre solution, la solution aqueuse, dans le cas qui nous occupe.

---

(1) Séance du 4 avril 1927.
(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 685.
(3) Whatmough, *Zeits. für phys. Chem.*, 39, 1901, p. 193.
(4) Antonov, *Journ. de Chim. Phys.*, 5, 1907, p. 264.
(5) Quincke, *Pogg. Ann.*, 139, 1, 1870, p. 1 à 86.

Ainsi que M. Gay [1] le démontre théoriquement, les deux courbes des tensions superficielles correspondant aux deux couches qui se séparent d'un mélange non miscible ne se coupent pas, mais se raccordent, suivant un point de rebroussement, au point critique. Si dans la solution critique nous continuons à ajouter de l'alcool éthylique, nous obtenons une nouvelle courbe des tensions superficielles, qui est dans le prolongement des deux autres, et qui bissecte l'angle qu'elles forment entre elles.



Nous avons porté ces résultats sur le graphique ci-dessus. Sur le même graphique nous avons représenté la courbe des tensions à la limite des deux couches.

Cette dernière courbe n'a pu être obtenue expérimentalement que pour des mélanges éloignés du point critique, et nous avons dû extrapoler la portion tangente à l'axe. En effet, au voisinage de la zone critique, la méthode des gouttes n'est plus applicable. Nous savons que la tension à la surface de séparation est inversement proportionnelle au nombre des gouttes : donc si $A_{1.2}$ tend vers zéro, le nombre des gouttes tendra vers l'infini, et les liquides s'écouleront l'un dans l'autre en un filet continu.

(1) Mémoire inédit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les éléments de numéros atomiques* 43, 61, 75, 85 *et* 87. Note [1] de M. **Herszfinkiel**, présentée par M. M. de Broglie.

Les efforts des chimistes sont jusqu'à ce jour demeurés vains pour isoler ces éléments dont les n°s 43 et 75 avaient été dénommés par Mendelejeff Eka et Dwi-manganèse. Ce résultat négatif a suggéré qu'ils étaient instables, ou d'une rareté extraordinaire, ou qu'ils n'existaient pas (n°s 85 et 87). Suivant la règle selon laquelle les éléments d'ordre impair sont, dans la classification naturelle, dix fois plus rares que les éléments suivants, on peut prévoir que la concentration des éléments 43 et 75 est respectivement 10^{-13} et 10^{-12}, ordre de grandeur des radioéléments (Ra : 10^{-14}). La méthode électrométrique permet d'apprécier 10^{-9} mg (« Cours pléochroïtiques » 10^{-14} mg); l'analyse par le spectre de Röntgen 10^{-3} mg, et la plus sensible méthode d'analyse chimique 10^{-5} mg, dans le cas de l'or.

Des éléments aussi rares ne peuvent être recherchés que dans des minéraux très complexes. Nous avons, M. Lobanow et moi, traité dans ce but depuis 1923 de nombreux minéraux des familles du fer et du platine en vue d'y déceler les éléments 43 et 75. Nos préparations ont été examinées par M. Dauvillier par la méthode du spectre de Röntgen. Les éléments W, Nb, Ta, Zn, Cu, Ni, Pt, Os, Ir, Mo, Pb ont été reconnus. MM. Prandtl, Franke et Grimm, qui étudiaient aussi des colombites depuis 1913, avaient caractérisé W, Mo, Nb, Ta, Mn, Fe, Zn, As.

Comme les lignes principales $L\alpha$ et $L\beta$ de l'élément 75 coïncident avec des raies de Zn et W, il devenait essentiel de débarrasser les préparations de ces deux éléments, d'autant plus que l'un des clichés sur lequel la raie $ZnK\alpha_3\alpha_4$ était beaucoup trop forte pouvait faire penser à la présence de l'élément 75.

Les préparations ont été obtenues à partir de très nombreux minéraux, mélanges en particulier de pechblende, wolframite, tantalite, colombite, iridosmine, laurite, etc. L'échantillon de sperrylithe, dans lequel l'élément 43 aurait été trouvé par Noddack, Tacke et Berg, fut malheureusement perdu. Les éléments 43 et 75 étaient traités chimiquement comme appartenant soit au groupe VII, soit au groupe VIII du système périodique.

---

(1) Séance du 28 mars 1927.

Noddack, Tacke et Berg (1) ont annoncé en juin 1925 qu'ils avaient observé les raies L : α_1, α_2, β_1, β_2 et β_3 de l'élément 75, et les raies K : α_1, α_2, β_1 de l'élément 43. Prandtl, Franke et Grimm (2), reprenant ces expériences avec des minéraux du groupe colombite, et Swjagintsew, Korsunski et Seljatow (3) avec des minéraux du groupe du platine, ne purent observer ces lignes, mais J. et W. Noddack et Berg (4) ont fait remarquer que le travail chimique de Prandtl était quelque peu différent et que les spectrogrammes des savants russes n'offraient pas assez de dispersion.

Les derniers clichés de J. et W. Noddack et Berg montrent l'absence de Zn, mais la présence d'un peu de W, et ont paru assez démonstratifs à Pieńkowsky et Dauvillier (5) [Goldschmidt et Grimm, voir (2)].

L'existence de l'élément 43 serait plus facile à caractériser, mais il est malheureusement plus rare. Elle paraît cependant probable. Avec les éléments 61, 85 et 87 le système périodique sera complet. Quoique le premier soit placé entre Nd et Sm, Prandtl croit qu'il appartient au groupe du Mn ($43 + 18 = 61$). Sa découverte a été annoncée en 1926 par Harris, Hopkins et Yntema (6) (Illinium); par Rolla et Fernandes (7) (Florentium); par Dehlinger Glocker et Knapp (8), mais non confirmée par Prandtl, Franke et Grimm (9) et Auer v. Welsbach (10). Les irrégularités signalées dans le spectre optique d'absorption pourraient s'expliquer autrement; les nouvelles lignes du spectre d'arc ne sont pas probantes et les

---

(1) *Sitz. Ber. d. Preuss. Akad. d. Wiss.*, XIX, 1925, p. 399; *Naturw.*, **13**, 1925, p. 567, et *Metallbörse*, **15**, 1925, p. 1597.

(2) *Z. f. angew. Ch.*, 39, 1926, p. 1049.

(3) *Nature*, **118**, 1926, p. 263; *Z. f. angew. Ch.*, 9, 1927, p. 256. Voir aussi Bosanquet et Keeley, *Phil. Mag.*, **48**, 1924, p. 145.

(4) J. et W. Noddack, *Z. f. angew. Ch.*, 9, 1927, p. 250. — Berg, *Z. f. angew. Ch.*, 9, 1927, p. 254. Voir aussi *Z. Phys. Ch.*, 9, III-IV, 1927, p. 264.

(5) Les éléments 43 et 75 ont aussi été annoncés par Loring et Druce et par Heyrowski et Dolejsek dont les auteurs allemands ont répété les expériences sans succès; *Chem. News*, **131**, 1925, p. 273 et 337; **132**, 1926, p. 101; *Z. f. angew. Ch.*, 9, 1927, p. 259; *Nature*, **116**, 1925, p. 782. — Noddack, *Metallbörse*, **16**, 1926, p. 2129 et 2633.

(6) *Nature*, **117**, 1926, p. 792; *Journ. Am. Ch. Soc.*, 48, 1926, p. 1585, 1594.

(7) *Z. f. anorg. u. allg. Ch.*, **154**, 1926, p. 371.

(8) *Naturw.*, **14**, 1926, p. 772.

(9) *Z. f. angew. Ch.*, **39**, 1926, p. 897.

(10) *Chemiker Zeit.*, **118**, 1926, p. 990.

lignes de Röntgen n'auraient pas encore une précision suffisante et pourraient être dues à des coïncidences.

Les éléments 85 et 87 (Eka-iode et Eka-césium) ont été recherchés vainement par O. Hahn (1) en 1926. Dauvillier et Ponte ont recherché le second en 1924 dans les sels de potassium. De très longues poses ne leur ont donné qu'un intense spectre continu et les raies du mercure (des pompes). J'ai aussi recherché sans succès l'élément 87, Fajans d'autre part 85. D'après tout cela, ces deux éléments pratiquement n'existeraient pas.

CHIMIE MINÉRALE. — *L'analyse thermique de la déshydratation du gypse.* Note de (2) M. **Robert Stumper**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La déshydratation du gypse $CaSO^4.2H^2O$ par la chaleur se poursuit en deux stades, correspondant le premier au sémihydrate $CaSO^4.\frac{1}{2}H^2O$, et le deuxième à l'anhydrite $CaSO^4$. Les travaux classiques de H. Le Chatelier (3) et de van't Hoff (4) ont nettement établi ce fait, mais néanmoins *l'accord définitif sur les limites exactes des zones de stabilité des différentes modifications du gypse est encore, à l'heure actuelle, loin d'être réalisé.*

Comme les expériences de Jolibois et Lefèvre (5), ainsi que celles de Linck et Jung (6), ont fait apparaître l'influence primordiale des conditions expérimentales sur l'allure de la déshydratation du gypse, nous nous sommes proposé d'étudier de plus près cette influence en nous servant de la méthode métallographique de l'analyse thermique. A cet effet nous avons plongé dans un bain d'huile deux petites éprouvettes, dont l'une était remplie de gypse pulvérisé chimiquement pur, et l'autre de silice amorphe calcinée à 1100°. Pendant l'élévation de la température, on a noté toutes les demi-minutes :

1° La température existant au sein du gypse;

2° Celle du témoin;

3° Les déviations d'un galvanomètre différentiel donnant les différences

---

(1) *Naturw.*, **14**, 1926, p. 158.

(2) Séance du 27 février 1927.

(3) H. Le Chatelier, *Comptes rendus*, **96**, 1883, p. 1666.

(4) Van't Hoff, *Ozean. Salzablagerungen*, 1912.

(5) Jolibois et Lefèvre, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1317.

(6) Linck et Jung, *Ztsch. anorg. u. allgem. Chemie*, **137**, 1924, p. 407.

de potentiel d'un couple thermo-électrique platine-platine rhodié-platine dont les soudures plongeaient dans les tubes.

Les expériences ont été conduites de façon à obtenir des vitesses de déshydratation variables, mesurées par la vitesse d'échauffement du gypse et du témoin. Chaque essai a été répété plusieurs fois, et nous avons constaté qu'en général les résultats se reproduisent avec une constance remarquable, sauf pour les essais à très grandes vitesses de déshydratation dont les résultats montrent des fluctuations notables.

Nous nous bornons à reproduire ci-après le résumé de nos essais en les illustrant des trois diagrammes les plus caractéristiques :

I. *Vitesse d'échauffement* $=2^\circ,5$ *par minute.* — Ces essais démontrent l'existence de deux stades de déshydratation, le premier correspondant au sémihydrate se trouve à 125-127°, et le second, celui de l'anhydrite, à 190°. Les courbes obtenues ne sont toutefois pas si nettes que celles des essais suivants.

II. *Vitesse d'échauffement* $=4^\circ,5$ *par minute.* — La courbe d'échauffement (*fig.* 1) du gypse, représentée en pointillé sur le diagramme, fait

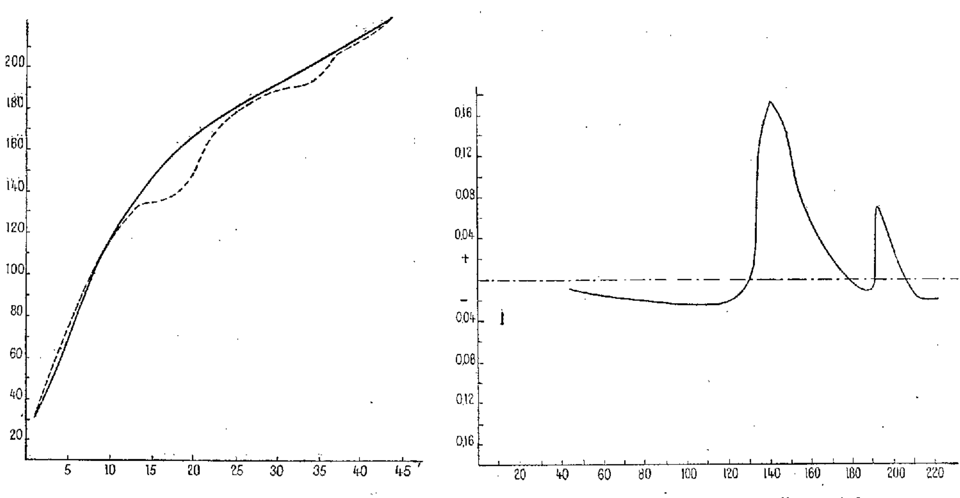


Fig. 1. — Courbes d'échauffement du gypse et du témoin.

Fig. 2. — Diagramme différentiel.

voir deux paliers très nets, le premier à 134° et le second à 190°, points d'arrêt qui sont en outre révélés avec une concordance parfaite par la méthode différentielle, ainsi que le démontre la figure 2.

III. *Vitesse d'échauffement* $=12^\circ$ *par minute.* — La courbe du gypse commence à s'écarter de celle du témoin, tout en laissant apparaître très nettement un palier à 140° et un autre à 191°.

IV. *Vitesse d'échauffement* $= 25^\circ$ *par minute*. — La courbe d'échauffement du gypse s'est détachée notablement de celle du témoin, les paliers y ont disparu, mais les deux stades de déshydratation sont révélés par deux points d'inflexion à 155° et à 192°.

Il résulte de toutes ces expériences que l'allure de la déshydratation du

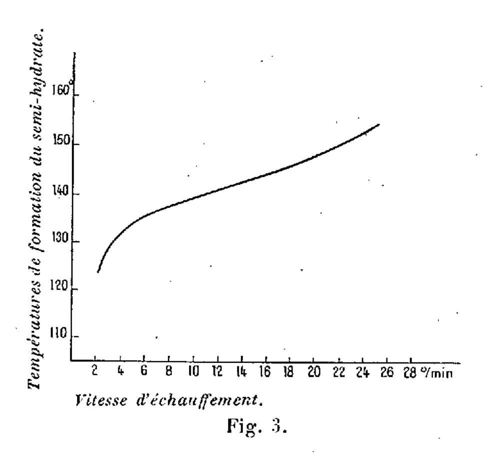


Fig. 3.

gypse est une fonction de la vitesse d'échauffement, fonction que nous avons représentée graphiquement sur la figure 3.

Nos travaux permettent donc la conclusion que la température de formation du sémihydrate croît quand la vitesse de déshydratation augmente, mais que la température de formation de l'anhydrite n'est pratiquement pas influencée par ce facteur, du moins dans les limites des vitesses étudiées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Addition de l'acétylène à l'oxyde de carbone : synthèse de la quinone*. Note (1) de MM. **J.-F. Durand** et **M. Banos**, présentée par M. Paul Sabatier.

Le caractère non saturé de l'acétylène et de l'oxyde de carbone permettait d'espérer la combinaison de ces deux corps, sous forme de paraquinone, suivant le schéma

$$\begin{array}{ccccccccc} & O & & & & & O & & \\ & \| & & & & & \| & & \\ HC & C & CH & & HC & - & C & - & CH \\ \||| & & \||| & \rightarrow & \| & & & & \| \\ HC & C & CH & & HC & - & C & - & CH \\ & \| & & & & & \| & & \\ & O & & & & & O & & \end{array}$$

(1) Séance du 11 avril 1927.

Pour tenter cette synthèse, nous avons dirigé un courant d'acétylène et d'oxyde de carbone dans des solutions de chlorure cuivreux (destiné à catalyser la réaction) dans divers solvants, minéraux ou organiques.

En solution chlorhydrique ou ammoniacale, le résultat a été nul. Dans la pyridine, il s'est produit une matière noire, goudronneuse, qui enrobe, comme on pouvait s'y attendre, de l'acétylure cuivreux, aisément caractérisé par son explosibilité et par le dégagement d'acétylène qu'il donne avec l'acide chlorhydrique.

Après évaporation de la pyridine, la masse goudronneuse a cédé à l'éther une substance, qui a été purifiée par quatre cristallisations et une sublimation consécutive.

Le corps ainsi purifié se présente en cristaux jaune d'or, doués de l'odeur caractéristique de la *p*-quinone, fondant à 117°-118°, aisément sublimables; il est entraînable par la vapeur d'eau, et est très soluble dans l'eau chaude, l'alcool et l'éther.

La formation de quinone n'a pas lieu si l'on supprime dans cette expérience le chlorure cuivreux; elle ne se produit pas non plus, en présence de chlorure cuivreux, dans la quinoléine, la diéthylaniline ou l'acétone.

Il nous a paru intéressant de signaler une réaction qui engendre la quinone à partir de deux groupes *carbonyle* préexistants, sans préjuger d'ailleurs du mécanisme de la condensation.

Nous poursuivons l'étude de l'action de l'oxyde de carbone sur les carbures acétyléniques vrais, dans la pyridine, en présence de chlorure cuivreux.

GÉOLOGIE. — *Hydrogéologie de la craie.* Note [1] de M. **L. Dollé**, présentée par M. Ch. Barrois.

Lorsque les sédiments crétacés des bassins Parisien et Anglo-Belge s'enfoncent en profondeur et disparaissent sous les sédiments tertiaires, on remarque généralement, à la limite des deux systèmes des zones humides, des marais ou des étangs.

Les eaux de surface de la craie, suivant l'inflexion des sédiments crétacés, Nord-Est dans le bassin Anglo-Belge, Ouest et Sud-Ouest dans la moitié nord du bassin de Paris, Ouest et Nord-Ouest dans sa moitié sud, se rassemblent

[1] Séance du 11 avril 1927.

et s'accumulent au point de jonction du Tertiaire et du Crétacé, y déterminant la formation de marais. Les réseaux aquifères de la craie, sans issue vers l'aval, s'élèvent dans la roche qui s'infléchit, viennent butter contre les sédiments imperméables du Tertiaire inférieur (quand le faciès argileux existe), et donnent naissance à des chapelets de sources lorsque la surface piézométrique des réseaux aquifères de la craie atteint le niveau du sol.

Étant captive dans les fissures de la roche, l'eau de la craie y est maintenue par le Tertiaire sous une pression qui croît avec l'inflexion du sédiment imperméable. Les fissures de la craie, étroites et linéaires dans les zones où l'eau du réseau ne se déplace pas, se développent et se multiplient là où la circulation est plus active. Elles sont particulièrement développées dans les ondulations synclinales où la craie est profondément altérée sur une hauteur de $0^m,40$ à $2^m,50$. Les fragments de roche de toutes grosseurs sont émoussés et recouverts d'une couche d'oxyde de fer.

L'examen de la craie altérée, fait au moyen de sondages, montre que la zone altérée correspond à celle de la circulation active et ne s'étend pas au delà de 2^{km} du point où commence la captivité de l'eau souterraine. Quand la topographie le permet, l'eau captive peut être amenée au sol par forage artésien ou puisée dans des forages où l'eau est ascendante.

Les eaux captées dans ces conditions ont été reconnues stériles; des analyses, périodiquement poursuivies depuis près de 30 années, démontrent la permanence de cette stérilité, quelque élevé que soit le débit des forages.

A une distance supérieure à 2^{km} du point où l'eau commence à être captive, les fissures de la craie restent linéaires; mais, bien que remplies d'eau, elles ne peuvent plus alimenter un forage à débit élevé, la circulation étant nulle.

Les eaux souterraines de la craie cheminant sous une pression normale, dans des régions dépourvues de sédiments tertiaires, sont fréquemment contaminées, même à de grandes distances en aval des zones habitées et pourvues de puits. Lorsqu'elles sont sous pression et captées par forages sous les sédiments tertiaires imperméables, même à très faible distance du point où commence leur captivité, les eaux contaminées de l'amont, après un cheminement très court sous pression et au contact de la craie altérée riche en oxyde de fer, sont devenues stériles et de composition chimique normale, même sous un débit de régime élevé.

EMBRYOLOGIE. — *Sur les réseaux vasculaires transitoires de l'alevin d'*Acara tetramerus *Heckel.* Note (¹) de M. P. Chevey, présentée par M. L. Joubin.

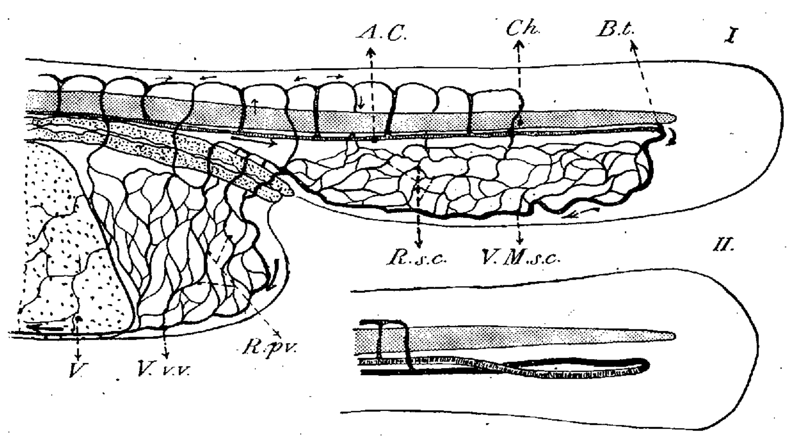
L'état de la circulation caudale est généralement très peu avancé chez les alevins de Téléostéens à l'éclosion. La figure II, prise sur la Perche, en donne un exemple : aorte et veine caudale communiquent ensemble à leur extrémité, après s'être croisées dans la région terminale du corps, ainsi que l'a montré Anthony (¹) pour l'Épinoche, et moi-même (²) pour la Perche.

Chez une espèce de Cichlidé, l'*Acara tetramerus* Heckel, il en est tout autrement : il existe déjà, à l'éclosion, tout un système de réseaux vasculaires extrêmement développés et complexes, situés entre le vitellus et l'extrémité caudale (*fig.* I). A l'effet de loger ces réseaux, le repli natatoire ventral de l'alevin est grandement amplifié, tant en arrière qu'en avant du point où débouche l'anus. En haut de l'espace ainsi ménagé, on voit l'aorte caudale courir parallèlement à la chorde dorsale et en dessous d'elle, puis se jeter dans un vaisseau de retour qui suit le bord inférieur du repli natatoire, et que l'on peut appeler *Veine marginale sous-caudale* (*V. M. s. c.*). Entre cette veine et l'aorte, mais dépendant uniquement de la veine, existe tout un réseau capillaire extrêmement riche, ou *Réseau sous-caudal* (*R. s. c.*), dont le sang se collecte finalement, avec celui de la veine marginale sous-caudale, dans quelques vaisseaux qui le transportent en dessous de l'intestin, où la même disposition se répète une seconde fois, en formant un *Réseau post vitellin* (*R. p. v.*). Le sang de ce second réseau retourne finalement au cœur, soit par quelques vaisseaux circulant sur le vitellus, soit par une grande *Veine vitelline ventrale* (*V. v. v.*).

Rien de semblable n'a jamais été décrit chez aucun alevin de Téléostéen : tout ce système vasculaire de l'*Acara* est d'ailleurs transitoire, et doit être considéré comme un dispositif larvaire auquel rien ne répond plus chez l'adulte ; il commence en effet à régresser lorsque l'alevin, qui mesurait 2^{mm} à l'éclosion, atteint la taille de $4^{mm},5$. Le sang, abandonnant peu à peu la veine marginale sous-caudale, passe de préférence le long du bord supé-

(¹) *Arch. Zool. exp.*, 57, I, 1918, p. 41-42.
(²) *Bull. Soc. Zool.*, 48, I, 1923, p. 24; et *Bull. biol. Fr. Belg.*, 59, II, 1925, p. 215.

rieur du réseau sous-caudal, tout près de l'aorte; il se constitue là une veine caudale définitive, qui se prolonge bientôt vers l'avant en une veine sus-intestinale, tandis que le sang abandonne peu à peu le réseau postvitellin, et que la membrane qui contenait ce dernier perd de son importance relative à mesure que croît l'alevin. Lorsqu'il a atteint la taille de $5^{mm},5$ il ne reste plus trace d'aucun des deux réseaux.



I. Circulation dans la région postérieure du corps chez l'*Acara* à l'éclosion. A. C., aorte caudale; B. t., boucle terminale; Ch., chorde dorsale; R. pv., réseau postvitellin; R. s. c., réseau sous-caudal; V., vitellus; V. M. s. c., veine marginale sous-caudale; V. v. v., veine vitelline ventrale. II. Circulation caudale de la Perche à l'éclosion.

Concurremment à la régression de ces réseaux vasculaires larvaires, des transformations se manifestent au niveau de la *Boucle terminale* (*B. t.*) où l'aorte se jette dans le réseau sous-caudal : c'est en effet à partir de cette boucle terminale, et *rien qu'à partir d'elle,* que se constitue tout le système vasculaire définitif de la nageoire homocerque de l'adulte; et cela suivant un processus à très peu de choses près semblable à celui que j'ai décrit antérieurement chez la Perche.

Le rôle de ces singuliers réseaux vasculaires me paraît devoir être interprété comme respiratoire; à l'éclosion, la bouche de l'*Acara* n'est pas ouverte, et tous les alevins sont agglutinés par leur tête, en paquet de dix ou douze, tandis que leurs queues dirigées vers la périphérie s'agitent sans arrêt. Il est d'ailleurs caractéristique que la régression des réseaux coïncide avec l'ouverture de la bouche et des opercules, et l'apparition des premiers

(1) *Bull. Soc. Zool.*, 48, I, 1923, p. 25-30, *et Bull. biol. Fr. Belg.*, 59, II, 1925, p. 216-222.

feuillets branchiaux. Enfin, une conséquence de l'existence de ces réseaux est que, physiologiquement parlant, s'ils ont vraiment un rôle respiratoire, le cœur des alevins est artériel, alors que les adultes ont, suivant la règle générale chez les Poissons, un cœur veineux.

ICHTYOLOGIE. — *Distinction des* Gadus capelanus, minutus *et* luscus *par leur sagitta.* Note (1) de MM. **J. Chaine** et **J. Duvergier**, présentée par M. Ch. Gravier.

Le *Gadus capelanus* Riss. de la Méditerranée a été tantôt considéré comme un *Gadus luscus* L., tantôt comme un *Gadus minutus* Fr. Müll. (2). Aujourd'hui, à la suite de travaux de divers auteurs, il est à peu près généralement admis que ce sont bien là trois formes distinctes. Les caractères sur lesquels on se base pour les différencier portent sur la situation de l'anus, la courbure de la ligne latérale, la hauteur du corps, la longueur de la première anale, les rapports des deux anales entre elles, la longueur de la distance qui les sépare. A ces caractères externes, on en a joint quelques-uns portant sur certains organes internes, par exemple la vessie natatoire (3).

A ces caractères de différenciation, nous sommes à même d'en ajouter un nouveau que nous n'avons trouvé mentionné nulle part, malgré l'importance qu'il nous semble avoir. Il s'agit de l'aspect présenté par le plus gros des trois otolithes que renferme chaque oreille, la *sagitta*, cet aspect variant très sensiblement d'une espèce à l'autre.

La figuration ci-après représente la sagitta *type* de chacun des trois Gades faisant l'objet de cette Note. Nous entendons par *type*, celui que nous avons choisi dans un lot de 70 à 100 exemplaires comme réunissant les principaux caractères communs à tous et exempt des exagérations particulières à certains (4).

---

(1) Séance du 11 avril 1927.

(2) Voir Louis Fage, *Le Capelan de la Méditerranée* (G. capelanus *Riss.*) *et ses rapports avec les espèces voisines* (G. luscus *L. et* G. minutus *Fr. Müll.*) (*Archives de Zoologie expérimentale et générale*, 5e série, 6, 1910-1911, p. 257).

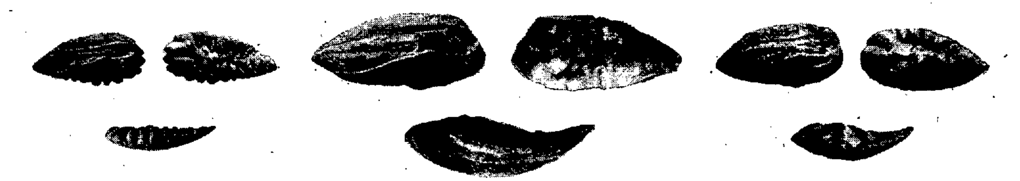
(3) Tous ces caractères sont parfaitement analysés dans le travail de Fage.

(4) Tous les *Gadus minutus* qui ont servi à notre étude nous ont été obligeamment fournis par M. Le Gall, directeur de la Station aquicole de Boulogne-sur-Mer; les *Gadus capelanus* nous ont été adressés par la Station zoologique de Cette; les *Gadus luscus* ont été achetés par nous aux Halles de Bordeaux.

Un rapide examen de ces figures montre que :

1° Les sagitta de *Gadus luscus* et de *Gadus capelanus* sont très différentes; ces différences sont même si accentuées qu'il nous semble inutile d'en faire ici l'énumération;

2° La sagitta de *Gadus capelanus*, comparée à celle de *Gadus minutus*, est



Gadus capelanas Rons. (¹). *Gadus luscus* L. *Gadus minutus* Müll.

(¹) Tous *sagitta* gauches, grossis deux fois.

moins arquée, plus allongée, moins épaisse, plus ornée et d'une manière différente, son sulcus est relativement plus étroit et plus étranglé. Ces deux sagitta ne peuvent donc pas non plus être confondues;

3° La sagitta de *Gadus minutus* est de forme plus ramassée que celle de *Gadus luscus* bien qu'aussi acuminée, la courbure de son bord ventral est plus accentuée, sa masse rostrale plus arrondie et moins avancée, son angle postéro-dorsal moins obtus, l'interruption du colliculum y est moins marquée et l'ornementation de costules globuleuses de la face externe y cesse loin de l'arrière et ne dépasse pas l'umbo. Ces quelques caractères, qui ne peuvent échapper même à l'œil le moins exercé, sont suffisants pour distinguer ces deux sagitta; à la rigueur un seul suffirait : la différence de forme et d'avancement de la masse rostrale.

Ces brèves remarques montrent combien la distinction des sagitta de ces trois Gades est, en somme, chose aisée. Ces pièces fournissent ainsi un précieux caractère de diagnose pour la détermination rigoureuse de ces espèces, d'autant plus qu'il est à remarquer que la sagitta est indéformable et d'une conservation indéfinie et que, par suite, elle peut encore servir à différencier des poissons lorsque ceux-ci sont dégradés, pour diverses raisons, au point d'être rendus extérieurement méconnaissables.

La séance est levée à 15h15m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1926 (*suite*).

Index generalis (Montessus de Ballore). Paris.
Ingénieur français (L'). Paris.
Institut de France (Publications diverses). Paris.
Institut de physique du globe de l'Université de Paris (Bulletin sismique). Paris.
Institut des études rhodaniennes. Études et travaux. Lyon.
Institut grand-ducal de Luxembourg, section des sciences naturelles, physiques et mathématiques (Archives). Luxembourg.
Institut international de statistique (Bulletin). La Haye.
Institution of mechanical engineers (Proceedings). London.
Instituto geologico de Mexico (Boletin). Mexico.
Inter-America. New-York.
International conciliation. Washington.
International supplement of the Imperial University News. Tokio.

Jaarboek van het Mijnwezen in Nederlandsch-Indië. Bandoeng.
Jaarcijfers voor het Koninkrijk der Nederlanden (Annuaire statistique du Royaume des Pays-Bas). La Haye.
Jahrbuch des norwegischen meteorologischen Instituts. Kristiania.
Japanese journal of astronomy and geophysics. Tokio.
Japanese journal of botany. Tokio.
Japanese Journal of engineering. Tokio.
John Crerar library (Annual report). Chicago.
Johns Hopkins University circular (The). Baltimore.
Johns Hopkins University studies. Baltimore.
Jornal de sciencias matematicas, fisicas e naturals. Lisboa.
Journal and proceedings of the royal Society of New-South Wales. Sydney.
Journal chimique de l'Ukraine (en russe). Kharkov.
Journal d'agriculture pratique et journal de l'agriculture. Paris.
Journal de chimie physique. Paris.
Journal de géophysique et de météorologie (en russe). Moscou, Léningrad.
Journal de la Société nationale d'horticulture de France. Paris.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 28 février 1927.)

Note de M. *Kolossoff*, Sur une transformation des équations de l'élasticité :

Page 513, ligne 6, *lire*

$$\int \psi_1 \, d\zeta + \int \psi \, d\zeta_1 \quad \textit{au lieu de} \quad \int \psi \, d\zeta + \int \psi_1 \, d\xi_1 ;$$

ligne 10, *lire*

$$\frac{\lambda + \mu}{2(\lambda + 2\mu)} \rho \int\int \psi_1 \, d\zeta^2 - \frac{\lambda + 3\mu}{2(\lambda + 2\mu)} \rho \int\int \psi \, d\zeta \, d\zeta_1$$

au lieu de

$$\frac{\lambda + 3\mu}{2(\lambda + 2\mu)} \rho \int\int \psi_1 \, d\zeta^2 ;$$

ligne 15, *lire*

$$\left(\frac{\partial f}{\partial \zeta} + \frac{\partial f_1}{\partial \zeta_1}\right) + \frac{\lambda + 2\mu}{\lambda} p \quad \textit{au lieu de} \quad \left(\frac{\partial f}{\partial \xi} + \frac{\partial f_1}{\partial \zeta_1}\right);$$

ligne 16, *lire*

$$\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\lambda}{p} - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} \quad \textit{au lieu de} \quad \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{\lambda + \mu}{\lambda};$$

ligne 19, *lire*

$$2 \frac{\lambda + \mu}{\lambda \mu} \frac{\partial p}{\partial \zeta_1} + \frac{\partial^2 f}{dz^2} = 2 \frac{\lambda + \mu}{\lambda} \frac{\partial^2 f_1}{\partial \zeta_1^2} \quad \textit{au lieu de} \quad \frac{2}{\mu} \frac{\partial p}{\partial \zeta_1} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} = \frac{\lambda + \mu}{\lambda} \frac{\partial^2 f_1}{\partial \zeta_1^2}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AVRIL 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure des vitesses radiales des étoiles,* Note de M. **Maurice Hamy**.

La détermination des vitesses radiales des étoiles est fondée sur la connaissance des déplacements linéaires des raies de leurs spectres photographiques, par rapport aux positions qu'elles occuperaient, sur les clichés, si ces astres restaient à distance constante de l'observateur.

Une méthode de mesure de ces décalages, très employée dans les observatoires américains, consiste à relever, avec la vis micrométrique d'un comparateur approprié, les positions des raies stellaires et des raies de comparaison. On calcule, à l'aide d'une formule empirique, les longueurs d'ondes approchées des raies stellaires. L'application de la même formule aux raies de comparaison, de longueurs d'ondes connues, fournit, après coup, une courbe de corrections dont on se sert, pour obtenir les longueurs d'ondes exactes, aux erreurs d'observation près, des raies stellaires. Comparant ces longueurs d'ondes à celles des éléments correspondants, données dans les tables du spectre solaire, après avoir tenu compte de corrections relatives au déplacement de la Terre dans son orbite et à sa rotation, on en déduit, par application du principe de Doppler-Fizeau, la vitesse radiale de l'astre étudié par rapport au Soleil.

Une autre méthode de mesure, imaginée par Hartmann, rend inutile la connaissance exacte des longueurs d'ondes des raies de comparaison d'origine terrestre et de celles des raies stellaires. Abrégeant beaucoup les opérations, cette méthode est fondée sur l'examen simultané d'un spectrogramme

stellaire et d'un spectrogramme solaire, tous deux encadrés des mêmes raies terrestres de comparaison et obtenus avec le même spectrographe. On fait en sorte que le spectre solaire proprement dit soit plus large que le spectre stellaire. Ces spectrogrammes sont disposés sur un comparateur spécial, dans des supports indépendants, l'un fixe S_1, l'autre S_2, mobile avec une vis micrométrique, dans le sens de la dispersion. Le comparateur possède un système optique qui permet de voir simultanément les images des deux spectrogrammes, dans le champ du microscope. Grâce à un artifice expérimental, l'image du spectrogramme stellaire apparaît divisée en bandes longitudinales, alternativement éclairées et opaques. La bande centrale comprend l'image du spectre stellaire proprement dit; les autres, les images de tronçons des raies de comparaison. L'image du spectrogramme solaire apparaît également divisée en bandes longitudinales, complémentaires de celles du spectrogramme stellaire.

Quand, à l'aide de réglages convenables, on fait coïncider les axes de symétrie des images des deux spectrogrammes, les apparences sont les suivantes. La bande centrale, contenant l'image du spectre stellaire proprement dit, est imbriquée entre deux bandes symétriques de l'image du spectre solaire proprement dit, auxquelles sont juxtaposés des tronçons détachés à la base des raies de comparaison du spectrogramme solaire. Les bandes immédiatement voisines et plus éloignées de l'axe de symétrie comprennent les images de tronçons des raies de comparaison provenant du spectrogramme stellaire. Viennent ensuite des bandes comprenant les images de tronçons des raies de comparaison appartenant au spectrogramme solaire.

La mesure du décalage des raies stellaires par rapport aux raies solaires appartenant aux mêmes éléments, dont on déduit, par le calcul, les vitesses radiales, se fait en alignant successivement les tronçons des raies communes aux spectres stellaire et solaire proprement dits, en agissant sur la vis micrométrique du rapport S_2, puis les tronçons des deux spectres de comparaison. La différence des lectures du tambour micrométrique donne la valeur du décalage moyen de l'ensemble des raies, visibles au centre du champ, dans les diverses régions des spectrogrammes que l'on soumet successivement à l'examen.

Pour réaliser un dispositif propre à l'emploi de cette méthode, j'ai placé, sur les supports S_1, S_2, contre les spectrogrammes, des cadres C_1 et C_2, sur lesquels sont tendus des fils métalliques parallèles bien droits. Les espaces compris entre ces fils constituent les fenêtres longitudinales qui détachent les bandes éclairées dans les spectrogrammes. Les épaisseurs des fils et leurs

écartements sont calculés de façon que les cadres soient complémentaires; à cet effet les intervalles séparant les fils de l'un sont égaux aux épaisseurs des fils de l'autre et réciproquement. Le système optique adopté, pour réaliser la superposition des images, dans le champ du microscope, est équivalent au suivant. Les rayons émanant de C_1 sont renvoyés dans le microscope, par réflexion sur une glace semi-argentée; les rayons émanant de C_2 pénètrent dans le microscope, après réflexion sur un miroir argenté à fond et passage à travers la glace semi-argentée.

La précision des mesures est fort réduite, lorsque le spectre stellaire est presque linéaire. Les évasements terminaux des raies gênent d'ailleurs alors considérablement les alignements. On ne peut les éliminer qu'en rétrécissant la fenêtre centrale du cadre, disposé devant le spectrogramme stellaire, ce qui amoindrit encore la largeur du spectre de l'astre. Cependant, n'étaient ces effets défavorables, il y aurait grand intérêt, afin de réduire les temps de poses, à réaliser des spectres stellaires étroits. Pour concilier ces exigences contradictoires, j'ai été amené à apporter des modifications profondes, dont je poursuis actuellement la réalisation, à la méthode qui vient d'être décrite.

En vue de faciliter l'exposition, je supposerai que le spectre solaire, intervenant dans les mesures, est disposé sur le support S_2, mobile avec la vis micrométrique, ainsi que le cadre C_2 qui y est fixé. Disposant le cadre C_1, sur le support S_1, de façon que son image, dans le champ du microscope, soit imbriquée dans l'image du cadre C_2, j'admettrai que la fenêtre centrale de C_1 possède une largeur suffisante, pour que les images des raies d'un spectre stellaire qui occuperait toute cette largeur soient faciles à aligner avec les tronçons d'images des raies solaires qui l'encadrent. Cela étant, je ne place pas le spectrogramme stellaire à mesurer, étroit ou non, sur le support S_1. Je le dispose sur un support auxiliaire S'_1 portant un cadre C'_1 parallèle à C_1, dont la fenêtre centrale est assez rétrécie, pour masquer les extrémités évasées du spectre stellaire proprement dit. Les fenêtres longitudinales du cadre C'_1, détachant des tronçons des raies de comparaison, dans le spectrogramme stellaire, peuvent avoir mêmes largeurs ou être plus étroites que les fenêtres correspondantes du cadre C_1; mais les centres de ces largeurs doivent être aux mêmes distances de l'axe de symétrie, dans l'un et l'autre cadre.

Le cadre C'_1 et le spectrogramme stellaire, contre lequel il est maintenu, sont projetés, sans agrandissement, sur le cadre C_1, de façon que l'image de l'axe de symétrie de C'_1 coïncide avec l'axe de symétrie de C_1. Dans le

champ du microscope, l'image du spectre stellaire proprement dit occupe alors la partie moyenne de l'image plus large de la fenêtre centrale du cadre C_1. Les tronçons des raies de comparaison du spectrogramme stellaire s'inscrivent d'ailleurs comme précédemment, à l'intérieur des images des fenêtres correspondantes du cadre C_1. L'objectif de projection, exempt de distorsion, est monté à l'extrémité d'une branche de diapason, entretenu électriquement; la seconde branche porte une masse d'équilibre. Quand on fait vibrer le diapason, l'objectif est entraîné, perpendiculairement au sens de la dispersion des spectrogrammes; l'image du spectre stellaire s'élargit et occupe toute la largeur de l'image de la fenêtre centrale du cadre C_1, en réglant convenablement l'amplitude des oscillations. Les images des tronçons des raies de comparaison du spectrogramme stellaire occupent, eux aussi, la largeur entière des images des fenêtres du cadre C_1. Les choses se passent donc, pour l'observateur qui examine le champ du microscope, comme si le spectre stellaire lui-même avait la largeur de la fenêtre centrale du cadre C_1 et était disposé contre ce cadre. Les mesures s'exécutent comme on l'a expliqué plus haut.

La vibration rapide, imprimée à l'image du spectre stellaire, fait disparaître le grain de la gélatine de la couche photographique. Cet effet est éminemment favorable à la précision des mesures.

Les supports S_1, S_2, S'_1, montés sur un même chariot, peuvent recevoir un déplacement d'ensemble qui fait défiler les diverses régions des spectrogrammes devant le microscope d'observation, fixé lui-même au bâti, sur lequel coulisse le chariot, ainsi que le support du diapason. Sur le même bâti, est installé un système redresseur de jumelle à prismes, pour retourner, sur le cadre C_1, l'image renversée du spectrogramme stellaire, fournie directement par l'objectif en vibration.

Si, au lieu d'associer un spectrogramme stellaire à un spectrogramme solaire, on voulait comparer directement deux spectrogrammes stellaires, il faudrait adjoindre au support S_2 un support auxiliaire S'_2, portant le second spectre stellaire et un cadre C'_2, projeté sur le cadre C_2 avec un second objectif mis en vibration. C'est le support S'_2 qui devrait alors être muni de la vis micrométrique, servant à mesurer le décalage des raies. Le redressement des images spectrales, projetées sur C_1 et C_2, serait inutile. On donnerait à la vibration de l'objectif, projetant C'_2 sur C_2, l'amplitude voulue, pour que l'image du second spectre stellaire sur C_2 occupe la largeur du spectre solaire dont elle tient la place.

La comparaison directe de deux spectrogrammes d'une étoile conve-

nable, pris à six mois d'intervalle, est particulièrement appropriée à la détermination spectroscopique de la parallaxe solaire. Grâce à la disparition du grain photographique, elle serait capable de conduire à des résultats précis, en employant des spectrogrammes fortement dispersés.

RADIOCHIMIE. — *Rôle de l'induction moléculaire dans l'activation par choc.* Note [1] de M. **Jean Perrin** et Mlle **Choucroun**.

Nous avons montré que lors d'une réaction entre glycérine et corps fluorescent (bleu de méthylène), déterminée par la lumière qui excite la fluorescence, la vitesse de réaction varie en fonction de la concentration c de ce corps comme varie son pouvoir fluorescent [2]. En sorte que, tenant compte de la loi de décroissance de ce pouvoir en fonction de la concentration [3], le terme en c qui figure dans l'énoncé classique de la loi d'action de masse doit être remplacé par un terme ce^{-kc}. Ce qui tient à ce que la vie moyenne dans l'état activé de la molécule capable de fluorescence est abrégée par une induction moléculaire [4], due à l'approche de molécules de même sorte (isochrones).

Dans les conditions de nos expériences, la réaction qui est seulement photochimique en ce qui regarde le bleu de méthylène, est seulement thermique en ce qui regarde la glycérine; l'activation ici nécessaire [5] des molécules de ce corps est due seulement à des actions (chocs ou radiations isothermes) dont la moyenne est fixée avec la température.

Il est intéressant de savoir comment varie la vitesse de réaction en fonction de la concentration d'un corps dont les molécules sont activées seulement par voie thermique. Cette vitesse de réaction doit être proportionnelle à la concentration en molécules activées, c'est-à-dire au produit de la *natalité* de ces molécules par la durée moyenne de leur vie dans l'état activé [6].

Cette durée moyenne diminue certainement, par suite de l'induction

---

(1) Séance du 20 avril 1927.

(2) Jean Perrin et Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 329.

(3) Francis Perrin, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1978.

(4) Jean Perrin, *Lumière et réactions chimiques* (*Conseil de Chimie Solvay*, 1925, p. 366-396; Gauthier-Villars).

(5) Jean Perrin, *Cas où la réaction dépend de la température* (selon la loi d'Arrhenius) (*Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 665).

(6) Jean Perrin, *Lumière et réactions chimiques* (*Conseil de Chimie Solvay*, 1925, p. 365-696; Gauthier-Villars).

moléculaire, quand la concentration grandit. On pouvait admettre, et c'est ce que d'abord nous avions implicitement admis, que, dans une solution liquide où le nombre des chocs ne change pratiquement pas avec la concentration, la natalité à température fixée ne dépend pas de la concentration. L'activité chimique (quotient de la vitesse de réaction par la concentration) qui doit demeurer fixe si la loi d'action de masse est valable croîtrait alors quand la concentration décroîtrait.

Nous avions trouvé (¹) en effet pour des teneurs en glycérine

0,3 0,1 0,01

des activités proportionnelles à

12 30 120.

Mais depuis, Mlle Choucroun a vu que des traces infinitésimales d'ions oxhydrile catalysent la réaction et qu'il est indispensable d'opérer à titre fixe en ions OH^- par le moyen d'une solution tampon (²).

De même que nous avons alors repris l'étude de l'influence de la concentration du corps fluorescent sur la vitesse de réaction (ce qui nous a précisément permis de trouver la proportionnalité de la vitesse au pouvoir fluorescent), nous avons repris l'étude de l'influence de la concentration en glycérine, dans les mêmes conditions expérimentales (³).

Nous avons trouvé cette fois pour les teneurs en glycérine

0,5 0,1 0,05 0,02

des activités (quotient de la vitesse par la concentration) proportionnelles à

12 12 11 16

Pour des concentrations plus faibles, la vitesse de réaction décroissant sans cesse, une influence propre de la solution tampon, négligeable aux concentrations précédentes devient prédominante.

Ainsi, contrairement à ce que nous avions dit, la loi d'action de masse est valable pour un corps activé seulement par voie thermique, même dans les limites de concentration où l'induction moléculaire réduit à coup sûr beaucoup la vie moyenne dans l'état excité.

Il faut donc qu'une compensation exacte se produise, par une natalité accrue des molécules activées. Et ceci, imposé par la Thermodynamique

---

(¹) Jean Perrin et Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 401.

(²) Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 557.

(³) Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 357.

pour un *gaz* en équilibre thermique, où la proportion entre les divers états stationnaires possibles pour une molécule est fixée à température définie, est en accord avec la notion d'équilibre statistique. Les mêmes causes qui jouent par induction, quand une molécule ordinaire s'approche d'une molécule activée, pour la désactiver en transformant en énergie cinétique le quantum d'excitation, joueront également par induction dans le sens inverse, quand une molécule ordinaire s'approche d'une molécule ordinaire (choc) pour transformer leur énergie cinétique en énergie d'activation.

Il y a là un phénomène de résonance qui ne se produit pas dans le choc entre la molécule activable et une molécule d'espèce différente, non isochrone.

La mise en évidence d'une énorme *sensibilité sélective* au choc, entre deux molécules de même sorte et plus généralement entre deux molécules isochrones, est le résultat positif de l'étude expérimentale ici résumée.

THERMOCHIMIE. — *Recherches sur les carbonates thalleux.* Note (1) de M. R. DE FORCRAND.

On a souvent signalé que les dissolutions aqueuses de la base H — OTl absorbent rapidement le gaz carbonique, à peu près comme le font les dissolutions de potasse ou de soude.

Le carbonate neutre CO^3Tl^2 s'obtient aisément par évaporation de la dissolution faite en saturant la base par CO^2 ; il forme de très beaux cristaux en longues aiguilles incolores. Il est anhydre.

Pour préciser ces faits j'ai d'abord dissous dans un excès d'eau ce carbonate neutre, ce qui m'a donné $-7^{Cal},198$ pour 468^g de CO^3Tl^2, à $+17°$.

A cette dissolution j'ai ajouté la quantité équivalente de SO^4H^2 dissous : $+10^{Cal},843$.

Enfin j'ai mesuré directement la chaleur de neutralisation de CO^2 dissous par $(H - OTl)^2$ dissous, ce qui fournit $+20^{Cal},326$ pour CO^2 (toujours à $+17°$). On sait d'ailleurs que la neutralisation de $(H - OTl)^2$ par SO^4H^2, tous deux dissous, est $+31^{Cal},268$.

La différence : $+31,268 - 10,843 = +20^{Cal},425$, doit se confondre — et se confond en effet — avec $+20,326$ mesuré directement.

J'adopterai la moyenne : $+20^{Cal},375$.

---

(1) Séance du 20 avril 1927.

Or les carbonates alcalins neutres donnent comme chaleur de neutralisation ($CO^2 + 2MOH$) :

Cs^2.	Rb^2.	K^2.	Na^2.	Moyenne.
+ 20,57	+ 20,57	+ 20,20	+ 20,50	+ 20,460

C'est le même nombre que pour le thallium : + 20,375.

Donc, à ce point de vue, l'hydroxyde H — O Tl se comporte absolument comme une véritable base alcaline.

Et il en est de même lorsqu'on envisage la neutralisation : $CO^2 + MOH$

+ 11,25 pour Cs, + 11,03 pour Rb, + 11,00 pour K,
+ 11,10 pour Na, + 11,45 pour Tl,

ce qui est la neutralisation conduisant au sel acide : CO^3HM.

En fait il serait intéressant de savoir si le thallium peut fournir un bicarbonate comparable aux bicarbonates alcalins et d'avoir une idée de sa stabilité.

On a déjà signalé à plusieurs reprises un composé de ce genre. On l'obtient aisément — bien qu'avec un rendement assez faible — en saturant, vers 0°, une dissolution concentrée de carbonate neutre par un courant de gaz carbonique, puis ajoutant un volume double d'alcool absolu refroidi à 0° et saturé de CO^2.

Il se précipite un corps pulvérulent, en petits cristaux durs et brillants, d'un aspect assez différent de celui des longues aiguilles du carbonate neutre. Il est stable à froid et n'absorbe ni ne dégage de gaz carbonique.

Sa dissolution dans l'eau m'a donné $-5^{Cal},472$ pour CO^3HTl (265^g) à + 17°.

Tous ces nombres permettent de calculer les valeurs suivantes :

$$C + O^3 + K^2 = CO^3K^2 \quad \text{sol.} + 275{,}41^{\text{Cal}};$$
$$C + O^3 + Na^2 = CO^3Na^2 \quad \text{sol.} + 271{,}99;$$
$$C + O^3 + Tl^2 = CO^3Tl^3 \quad \text{sol.} + 167{,}17;$$
$$C + O^3 + H + K = CO^3HK \quad \text{sol.} + 231{,}61\ (^1);$$
$$C + O^3 + H + Na = CO^3HNa \quad \text{sol.} + 228{,}41;$$
$$C + O^3 + H + Tl = CO^3HTl \quad \text{sol.} + 171{,}18.$$

Ce tableau montre que pour les deux carbonates le thallium. pris ici à

(1) Au sujet des analogies entre Cs, Rb et K, voir ma Note aux *Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 719.

l'état de métal et non plus à l'état de base, s'écarte absolument des métaux alcalins. C'est un métal *lourd*, analogue au plomb. La chaleur de formation du carbonate neutre est, à partir des éléments, pour le zinc + 180, pour le cuivre + 143. Le plomb lui-même donne, dans ce cas, exactement le même nombre que le thallium : $+166^{Cal},7$, au lieu de + 167,17.

La façon dont se comporte le thallium est donc tout à fait différente suivant qu'il agit à l'état de base ou à l'état de métal.

Qu'arriverait-il si nous partions du thallium sous forme d'oxyde Tl^2O ou de sel? Nos nombres peuvent encore nous permettre de répondre, au moins dans quelques cas.

Prenons d'abord la chaleur de formation des carbonates neutres anhydres à partir de CO^2 gaz et de l'oxyde. Le thallium donne

$$CO^2_{gaz} + Tl^2O_{sol.} = CO^3Tl^2_{sol.} + 30^{Cal},09 \quad (^1)$$

alors que les principaux métaux se classent dans l'ordre suivant :

$Cs^2 + 97,53$; $K^2 + 94,26$; $Na^2 + 76,88$; $Ba + 63,44$; $Li^2 + 53,24$; $Ca + 42$;

puis

$Mg + 28,90$; $Fe + 24,5$; $Pb + 21,6$; $Cu + 10,8$;

le thallium venant se placer entre les métaux alcalins et alcalino-terreux et les métaux lourds bien après le potassium, bien avant le plomb ou le cuivre, lesquels fournissent des carbonates basiques, mais non des carbonates acides. Le thallium est à la limite de ces deux groupes.

Nous pourrions encore discuter la réaction suivante :

$$CO^3M^2\,\text{sol.} + H^2O\,\text{liq.} + CO^2\,\text{gaz} = 2\,CO^3MH\,\text{sol.} \quad (^2).$$

On aurait :

$Cs^2 + 28,01$; $Rb^2 + 25,63$; $K^2 + 24,50$; $Na^2 + 21,52$; $Tl^2 + 11,94$.

Ce dernier nombre est très faible et indique bien un passage insensible d'abord aux métaux alcalino-terreux qui ne donnent que des bicarbonates

---

(1) Ce nombre + 30,09 conduirait à une température de dissociation de $\frac{30090}{32}$, soit environ 940° abs. ou 667° C.; mais on ne peut le vérifier car le carbonate neutre CO^3Tl^2 fond bien avant 667° (+ 272° d'après Carnelley).

(2) C'est la réaction qui se produit lorsqu'on fait agir CO^2 sur le carbonate neutre de sodium avec précipitation de bicarbonate. La réaction inverse représente la décomposition par la chaleur de deux molécules de bicarbonate avec dégagement de CO^2.

non insolables et peut-être déjà des carbonates basiques très peu stables, puis aux métaux lourds qui ne forment pas de bicarbonates mais des carbonates basiques de plus en plus stables.

Tous ces résultats contribuent à fixer le rôle chimique du thallium.

NOMINATIONS.

M. L. **Joubin** est désigné pour représenter l'Académie au *Xe Congrès International de Zoologie* qui se tiendra du 4 au 9 septembre 1927 à Budapest (Hongrie).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Preservation of Natural Monuments in Japan*, issued by the Department of Home Affairs.

2° Pan-Pacific Science Congress. 1926. Japan. *Guide-books of the Excursions.*

3° Régence de Tunis. Protectorat français. *Catalogue illustré du Musée et de l'Aquarium de la Station océanographique de Salammbô*, par H. Heldt. Préface de Louis Roule. (Présenté par M. L. Joubin.)

4° *Mémento du Chimiste* (I. Partie Scientifique) rédigé sous la direction de Marcel Boll et Paul Baud. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

THÉORIE DES PROBABILITÉS. — *Sur des propriétés des nombres premiers, éclaircies par la théorie des probabilités dénombrables.* Note (1) de M. **Erhard Tornier**, transmise par M. Émile Borel.

1. Nous nous proposons de montrer dans cette Note comment, moyennant deux postulats simples, on peut déduire de la théorie des probabilités

(1) Séance du 20 avril 1927.

dénombrables non seulement beaucoup de propriétés connues sur les nombres premiers, mais aussi rendre vraisemblables beaucoup d'autres propriétés, dont les unes sont confirmées par les résultats de la théorie exacte des nombres premiers, tandis qu'aux autres on ne peut faire, dans l'état actuel de la théorie exacte, aucune objection sérieuse.

Il s'agit donc d'une méthode d'investigation qui permet d'éclaircir des questions d'analyse pure, comme le fait la physique mathématique avec les données naturelles. De même qu'il faut vérifier les résultats de la physique mathématique par l'expérience, il sera toujours nécessaire de vérifier les résultats obtenus par une démonstration exacte.

Nous laisserons de côté la question de savoir si la théorie des probabilités est capable de produire dans la théorie des nombres des démonstrations exactes, question qui exigera sans doute des recherches axiomatiques extrêmement difficiles dans les deux domaines.

A propos des postulats suivants je remarque :

Le premier postulat est presque toujours facile à vérifier sans peine.

Le deuxième postulat au contraire peut avoir un rapport avec la supposition de Riemann sur les racines de la fonction ζ, car il entraîne cette supposition.

Premier postulat. — Les probabilités, dont nous ferons usage, existent.

Deuxième postulat. — Soit E une des qualités considérées dans la suite, qui appartient ou non à chaque nombre entier. La série spéciale d'expérience $1, 2, 3, \ldots, x$ appartient, x croissant, à celles auxquelles on peut appliquer le théorème de Bernoulli, c'est-à-dire que l'ordre des écarts est tout au plus $\sqrt{x}$.

2. La probabilité qu'un nombre entier appartienne à une certaine classe mod m (m nombre entier) est $\frac{1}{m}$.

Pour appliquer cette notion à des exemples très simples, nous démontrons :

1° La quantité $\varphi(m)$ des classes premières à m est $m\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$ si $m=\prod_{i=1}^{r}p_i^{\alpha_i}$; $\omega_m=\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$ est donc la probabilité qu'un nombre soit premier à m. En outre, $\frac{1}{m}$ est la probabilité qu'un nombre appartient à une certaine classe mod m, Il s'ensuit que $\frac{1}{m}\varphi(m)$ est la probabilité qu'un

nombre appartient à une classe quelconque première à m. Cela veut dire $\frac{1}{m}\varphi(m)=\omega_m=\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$, $\varphi(m)=m\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$. (La démonstration pour les normes des idéaux est analogue.)

2° $\sum_{\delta/m}\varphi(\delta)=m$ (δ parcourant tous les diviseurs de m). On réunit toutes les classes mod m en groupes correspondant aux plus grands diviseurs δ', qu'ils ont communs avec m. Soit $\delta\delta'=m$; un nombre appartient au groupe caractérisé par δ' si ce nombre est divisible par δ' et premier à δ. La probabilité pour qu'un nombre ait cette propriété est analogue à 1° : $\frac{1}{\delta'}\frac{\varphi(\delta)}{\delta}$. On peut conclure du théorème des probabilités totales : $1=\sum\frac{1}{\delta'}\frac{\varphi(\delta)}{\delta}$; où δ' parcourt tous les diviseurs de m ; d'où $\sum_{\delta/m}\varphi(\delta)=m$.

3° L'ensemble des nombres premiers est infini et la somme des inverses divergente.

Si $p_1, p_2, \ldots, p_r$ étaient tous les nombres premiers, $\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$ serait la probabilité qu'un nombre ne soit pas divisible par un nombre premier quelconque ; cette probabilité devrait être zéro. Cette contradiction entraîne que la suite des nombres premiers est dénombrable. Le produit correspondant $\prod_{i=1}^{\infty}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$ tend vers zéro pour la même raison, c'est-à-dire que la série $\sum_{i=1}^{\infty}\frac{1}{p_i}$ est divergente.

4° Soit $\pi(x)$ le nombre des nombres premiers $\leqq x$, on a $\lim_{x\to\infty}\frac{\pi(x)}{x}=0$. On démontre aisément ce fait en envisageant la probabilité pour qu'un nombre soit ou divisible par un seul des nombres premiers $\leqq x$ et non par le carré de ce nombre premier, ou qu'il soit premier à tous les nombres premiers $\leqq x$. Parmi ces nombres sont inclus évidemment tous les nombres premiers $\leqq x$. La démonstration est simple après ces remarques.

3. Je crois que pour les recherches détaillées sur cet objet, des réflexions analogues à celles de M. Khintchine (*Math. Annalen*, Bd 96) quant à la loi des grands nombres, seraient utiles. Cependant il faut modifier ces recherches de M. Khintchine à cause de certaines propriétés de la série des nombres entiers; car il est vraisemblable que « la frontière exacte supé-

rieure des écarts » est toujours plus petite dans notre sujet, parce que les écarts pour la divisibilité par m de tous les nombres $\leqq x$ sont toujours limités à $m-1$.

Remarques sur la Note de M. ERHARD TORNIER, *par* M. **ÉMILE BOREL.**

La Note de M. Tornier attirera l'attention de tous ceux qui s'intéressent à la théorie des nombres et au calcul des probabilités. Elle montre que la théorie des probabilités dénombrables, jusqu'ici peu étudiées, peut avoir des applications très étendues.

Mais il ne faut pas se dissimuler que de nombreuses difficultés subsistent. En particulier, M. Tornier n'effleure pas la question de l'*indépendance* des probabilités qu'il utilise. Il est probable que dans les questions traitées ici, il n'y aurait pas là une difficulté sérieuse; il convenait néanmoins de la signaler. En tout cas, il y a certainement un champ important de recherches à explorer.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration des suites de fonctions totalisables.* Note [1] de M. **A. KOVANKO**, transmise par M. Émile Borel.

Je voudrais faire une remarque sur la Note de M. G. Fichtenholz [2] à propos de ma Note de l'an dernier [3].

Il est bien vrai que le lemme que j'ai énoncé est inexact. Mais j'ai aussi remarqué que la démonstration du théorème fondamental que j'énonce dans la même Note peut être achevée directement, sans faire usage du lemme énoncé.

Nous avons ainsi le théorème suivant :

THÉORÈME. — Soit $f_1(x), f_2(x), f_3(x), \ldots$ une suite de fonctions totalisables qui converge en mesure vers $f(x)$ sur (a, b).

Si $\lim\limits_{n=\infty}(\mathcal{D})\int_{\bar{E}} f_n(\alpha)\,d\alpha$ est une fonction d'ensemble $\bar{E}$ qui possède toutes les propriétés caractéristiques de l'intégrale $(\mathcal{D})$ (donc égale à la tota-

(1) Séance du 20 avril 1927.
(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 436.
(3) *Ibid.*, 183, 1926, p. 471.

lisation de quelque fonction), alors $f(x)$ est totalisable sur (a, b), et $\lim_{n=\infty} (\mathcal{D}) \int_a^x f_n(\alpha)\,d\alpha = (\mathcal{D}) \int_a^x f(\alpha)\,d\alpha$ et vice versa [$\tilde{E}$ toute partie mesurable de (a, b)].

MÉCANIQUE. — *Sur la période propre des régulateurs directs.* Note de M. **Louis Barbillion**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans un régulateur direct supposé sans inertie et donc parfaitement sensible, si l'on désigne par h la distance du manchon à un plan horizontal inférieur de définition, par E_i l'écart relatif de vitesses entre la marche en charge ω_0 et la marche à vide ω_v, par ω la vitesse instantanée, $z = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$ et h seront représentés en fonction du temps par des courbes dont les ordonnées sont approximativement proportionnelles. On aura donc :

$$h = Az = AE_i\left[1 - e^{-\frac{t}{2\mathfrak{T}E_i}}\right] \tag{1}$$

A étant un facteur de proportionnalité, et $\mathfrak{T}$ étant le quotient de la force vive du groupe, par la puissance maximum de celui-ci.

D'autre part, le régulateur possède, comme tous les systèmes oscillants, une période propre T_R. MM. Boucherot et Mougin ont montré que dans les oscillations de ce régulateur, tout se passait comme si, dans sa position effective, définie par $(h + x)$, à chaque instant le manchon était sollicité de revenir vers sa position idéale h (celle correspondant à un régulateur parfait qui n'aurait pas d'oscillations propres), par une force ax proportionnelle à la distance x.

En désignant par A l'amortissement du régulateur, par m sa masse, et Γ étant une constante à déterminer, le mouvement propre du régulateur est caractérisé par l'équation

$$x = \Gamma e^{-\frac{A}{2m}t} \frac{1}{2\mathfrak{T}E_i} \sin\beta t \tag{2}$$

avec

$$\beta = \frac{2\pi}{T_R} = \sqrt{4am - A^2} \qquad \text{et} \qquad \frac{A}{2m} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \frac{1}{T_R}$$

et en supposant enfin, valeur fréquemment rencontrée,

$$A = \frac{1}{2} A_c,$$

A_c amortissement critique.

L'ordonnée du mouvement résultant est la somme algébrique des deux précédents, une fois fixées les constantes de départ par les relations

$$h + x = 0, \qquad \frac{d}{dt}(h + x) = 0 \quad \text{pour} \quad t = 0,$$

$$(3) \qquad \boxed{\frac{h + x}{A} = E_i \left(1 - e^{-\frac{t}{2\mathfrak{T}E_i}}\right) - \frac{1}{2\mathfrak{T}E_i} \frac{-T_R}{2\pi} \sin \beta t \, e^{-\frac{A}{2m} t}.}$$

Pour que, au cours de son passage de la vitesse de pleine charge à la vitesse à vide, le régulateur ne dépasse pas cette dernière limite, il faut, tous calculs effectués, que l'inégalité ci-après soit vérifiée :

$$(4) \qquad \boxed{\left[-e^{-\frac{t}{2\mathfrak{T}E_i}} - e^{-\frac{A}{2m} t} \frac{T_R}{2\pi} \sin \frac{2\pi t}{T_R} \right] < 0.}$$

Cette condition équivaut, en dernière analyse, à la suivante :

$$(5) \qquad \boxed{T_R < 3{,}70 (2\mathfrak{T}E_i).}$$

Dans un Mémoire publié en 1913 dans la *Revue de l'Industrie minérale*, M. Chipart, analysant les travaux de M. Lecornu sur la matière, a montré que la condition de stabilité du régulateur direct, indiquée par ce savant, pouvait se mettre sous la forme ci-après :

$$(6) \qquad \boxed{T_R < 4{,}48 (2\mathfrak{T}E_i).}$$

A titre d'application, si l'on suppose, valeur fréquemment rencontrée, que $\mathfrak{T}$ soit égal à 10 et que E soit égal à 5, il en résulte que la période propre du régulateur doit ici être inférieure à 3,70 secondes. Cette valeur, obtenue ainsi par un calcul très simple, se rapproche de celle indiquée par MM. Lecornu et Chipart. Elle corrobore généralement cette constatation qu'il y a intérêt, dans l'emploi des régulateurs directs, à ne pas leur laisser détenir des périodes propres supérieures à deux ou trois secondes.

MÉCANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode pour étudier le mouvement d'un corps solide.* Note [1] de M. **Haroutune Anjour**, transmise par M. G. Kœnigs.

Dans les problèmes de mécanique, la principale difficulté consiste à apercevoir les cas susceptibles de conduire à une intégration complète des équations du problème.

Je me propose un moyen d'arriver à ce but en mettant en évidence les grandeurs, que j'appelle les impulsions des moments des forces, désignant par ces termes les intégrales telles que

$$\int \Sigma(Y_{i_1} x_{i_1} - X_{i_1} y_{i_1})\,dt = S; \qquad \int \Sigma(Z_{i_1} y_{i_1} - Y_{i_1} z_{i_1})\,dt = T;$$
$$\int \Sigma(X_{i_1} z_{i_1} - Z_{i_1} x_{i_1})\,dt = U.$$

Je prends l'application de cette idée de la dynamique au corps solide.

Dans les théorèmes concernant les moments des forces, qui auront la même forme pour un corps, dont un point O est fixe, par rapport aux axes fixes $OX_1Y_1Z_1$, ou pour un corps libre, par rapport aux axes $OX_1Y_1Z_1$, parallèles aux axes fixes et dont l'origine O est au centre de gravité, notamment :

$$\int \Sigma(Y_{i_1} x_{i_1} - X_{i_1} y_{i_1})\,dt = \Sigma m_i\left(x_{i_1}\frac{dy_{i_1}}{dt} - y_{i_1}\frac{dx_{i_1}}{dt}\right), \ldots,$$

on exprimera les coordonnées $x_{i_1}, y_{i_1}, z_{i_1}$ des points du corps figurant dans les seconds membres des équations, en fonction des coordonnées x_i, y_i, z_i des mêmes points par rapport aux axes principaux du corps OXYZ et des angles d'Euler φ, ψ, θ.

Les moments principaux d'inertie A, B, C s'introduiront, qui seront relatifs au point fixe quand le corps a un tel point, et relatifs au centre de gravité, dans le cas d'un corps libre. Pour la commodité des applications, résolvons ensuite les équations obtenues par rapport aux dérivées des angles

---

[1] Séance du 20 avril 1927.

d'Euler; nous obtiendrons alors comme équations définitives :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{d\varphi}{dt} = \left[\dfrac{A-C}{AC} - \dfrac{(A-B)\cos^2\varphi}{AB}\right]\cos\theta . S + \dfrac{(A-B)\sin\varphi\cos\varphi\cos\theta}{AB\sin\theta} P \\ \qquad + \left[\dfrac{\sin\theta}{C} + \dfrac{(A-B)\cos^2\varphi + B}{AB\sin\theta}\cos^2\theta\right] Q; \\ \dfrac{d\psi}{dt} = \dfrac{(A-B)\cos^2\varphi + B}{AB} S - \dfrac{(A-B)\sin\varphi\cos\varphi}{AB\sin\theta} P \\ \qquad - \dfrac{(A-B)\cos^2\varphi + B}{AB\sin\theta}\cos\theta . Q; \\ \dfrac{d\theta}{dt} = -\dfrac{(A-B)\sin\varphi\cos\varphi\sin\theta}{AB} S + \dfrac{(A-B)^2\sin^2\varphi\cos^2\varphi + AB}{[(A-B)\cos^2\varphi + B]AB} P \\ \qquad + \dfrac{(A-B)\sin\varphi\cos\varphi\cos\theta}{AB} Q, \end{cases}$$

où

$$(a)\qquad P = \cos\psi . T + \sin\psi . U \quad \text{et} \quad Q = \sin\psi . T - \cos\psi . U.$$

Les équations (1) suffisent, quand les forces sont données en fonction du temps seul, comme le montre l'exemple plus loin. Dans le cas des percussions, les équations (1) donnent par leurs formes mêmes la solution définitive, S, T, U étant alors les expressions des sommes des moments des percussions.

Quand les forces sont données en fonction des angles d'Euler, alors il est plus commode de choisir, au lieu de S, T, U, les variables S, P, Q, qui sont liées aux moments des forces données par les relations, que l'on tire des relations (a), notamment

$$(2)\qquad \frac{dS}{dt} = L; \qquad \frac{dQ}{dt} = M_q + P\frac{d\psi}{dt}; \qquad \frac{dP}{dt} = M_p - Q\frac{d\psi}{dt},$$

où M_p est le moment des forces par rapport à l'axe des nœuds O_p (l'axe perpendiculaire au plan Z_1OZ), M_q le moment des forces par rapport à l'axe O_q, perpendiculaire à la fois à l'axe OZ_1 et l'axe des nœuds, et qui donc se trouve à chaque instant dans les plans Z_1OZ et X_1OY_1, et enfin L est le moment par rapport à l'axe OZ_1. La dérivée de ψ par t sera remplacée par son expression (1).

La méthode consisterait alors à trouver d'abord S, P, Q en fonction des angles d'Euler au moyen de ces dernières relations (2), et tenant compte de l'expression de dt, tirée des équations (1), et ensuite de trouver les angles d'Euler en fonction du temps au moyen des équations (1).

Je dois remarquer en outre que la représentation du mouvement au moyen des équations (1) est plus immédiate, les axes choisis comme repères étant fixes.

Application. — Je me borne ici à donner une seule application : Type I : *A un corps solide quelconque est appliqué un couple, dont l'axe reste toujours vertical et dont la grandeur est donnée en fonction du temps seul.* Condition essentielle : *le corps part d'une position de repos ou d'un mouvement tel, que le vecteur des moments des quantités de mouvement coïncide à l'instant initial avec la direction de l'axe du couple.*

On a alors

$$T = 0; \quad U = 0; \quad s = \int L\,dt = f(t).$$

Il s'ensuit $P = 0$ et $Q = 0$ et les équations (1) se trouvent bien simplifiées.

En divisant la première équation (1) par la troisième, S et dt s'élimineront, et l'on aura une équation entre φ et θ. Séparant les variables et intégrant, on obtient entre φ et θ la relation

$$\cos^2\varphi = \frac{(A-C)B}{(A-B)C} - \frac{AB}{A-B}\frac{K}{\sin^2\theta} \qquad (K = \text{const.}).$$

En exprimant $\sin\varphi\cos\varphi$ en fonction de θ et substituant dans la troisième équation (1), séparant les variables et intégrant, on aura

$$-\frac{1}{2}\int\frac{d\sin^2\theta}{\sqrt{1-\sin^2\theta}\sqrt{-K^2+\left[\frac{2AB-C(A+B)}{ABC}K\right]\sin^2\theta-\frac{(A-C)(B-C)}{ABC^2}\sin^4\theta}}$$
$$= \int S\,dt + K.$$

Le cas de Poinsot (mouvement sans forces) en est un cas particulier ($s = \text{const.}$).

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Cause de la formation de la coupelle à la cassure de certaines éprouvettes d'acier rompues à la traction.* Note de M. **Charles Fremont**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans la cassure des éprouvettes de certains aciers, rompues à la traction, on constate parfois, au bord de cette cassure, une petite collerette formant coupelle.

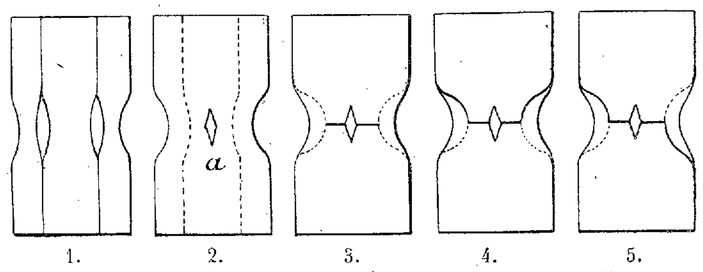
La cause de l'existence de cette coupelle a été attribuée, par divers auteurs, à une déformation du métal par zones obliques sur la direction de l'effort et faisant, avec cette direction, un angle constant.

Or la coupelle n'existe que sur les éprouvettes rompues après avoir présenté une *striction*; elle ne se voit jamais sur les métaux rompus sans striction, et, à une grande réduction de section par striction correspond

une grande collerette, et une petite collerette correspond à une petite réduction de section à la striction.

La cause de la formation de la coupelle est donc due à la genèse de la striction et, pour le montrer, il suffit de faire l'expérience à l'aide d'une éprouvette tubée, c'est-à-dire constituée par une première éprouvette cylindrique pleine recouverte par une seconde éprouvette tubulaire du même métal.

Cette éprouvette double étant soumise à l'essai de traction, on a, dans la zone de striction, la déformation locale suivante : pour le tube une striction propre qui s'écarte de la striction de l'éprouvette pleine comme le montre la figure schématique 1. Si maintenant nous prenons un cylindre plein et un tube non plus en contact, mais adhérents par une soudure, la déformation produite à la striction sera différente de la précédente. Le cylindre plein, en s'étranglant à la striction, entraînera radialement le métal de la striction du tube puisque cette fois ces deux parties sont solidaires par adhérence et *le rayon de la zone strictionnée du tube se réduira par rétreinte du métal,* schéma figure 2.



Figures schématiques montrant la genèse de la coupelle.

Cette zone périphérique de la striction de la nouvelle éprouvette est donc à la fois *comprimée et étirée,* ce qui lui permet de s'allonger plus que dans la zone centrale seulement étirée.

Il y a une confirmation de cette distribution de l'effort dans la striction de l'éprouvette par la naissance du petit trou *a* (*fig.* 2) qui se produit au centre de l'éprouvette pleine par suite de la traction radiale de la zone du tube en réaction de la traction qui en opère la rétreinte.

Quand la zone centrale de l'éprouvette atteint la limite de sa ductilité, elle se rompt (*fig.* 3) alors que la zone de métal rétreint à la périphérie de la structure est encore capable de fournir un allongement sensible et c'est ce qui explique que la rupture centrale se continue en longeant la surface intérieure de cette zone en métal rétreint et en formant la coupelle (*fig.* 4).

Mais comme cette zone de métal rétreint présente une section en forme de croissant, la rupture s'effectue parfois de part et d'autre, ainsi que le montre le schéma figure 5.

Un Mémoire détaillé sur cette question paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur la détection par lampe.* Note [1] de M. **P. David**, présentée par M. G. Ferrié.

Quand on cherche à dépasser l'explication élémentaire et qualitative de la détection par lampe pour analyser les phénomènes et vérifier expérimentalement la théorie, on trouve seulement des travaux incomplets et parfois contradictoires. Nous nous sommes proposé de reprendre la question dans son ensemble.

La détection consiste essentiellement à utiliser la courbure d'une caractéristique. Si, entre deux électrodes d'une lampe, on applique une certaine tension u, le courant i passant, soit entre ces électrodes, soit entre deux autres électrodes du même tube, peut être fonction de la tension u :

$$i = f(u), \tag{1}$$

relation caractéristique que nous appellerons *statique*.

Les parties utiles à la détection sont celles où cette relation n'est pas linéaire, c'est-à-dire que si la tension u comprend une tension moyenne $\overline{u}$ et une tension alternative $U \sin \Omega t$, la valeur moyenne du courant i, exprimée par

$$\overline{i} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\overline{u} + U \sin \Omega t)\, d\Omega t,$$

n'est pas égale à $f(u)$, mais bien une certaine fonction de U :

$$\overline{i} = \varphi(\overline{u}, U), \tag{2}$$

relation que nous appellerons caractéristique *dynamique* et que l'on peut représenter par un réseau de courbes, en fonction des deux variables $\overline{u}$ et U.

Dès que l'on connaît cette relation, la détection est théoriquement définie. Il suffit en effet de tenir compte, dans chaque cas particulier, de l'impédance du circuit traversé par le courant i (par exemple le condensa-

[1] Séance du 20 avril 1927.

teur shunté, s'il s'agit du circuit de grille). Les relations auxquelles on arrive sont généralement trop complexes pour pouvoir être résolues algébriquement; mais, dans la presque totalité des cas, une simplification est légitime : c'est que la tension U alternative consiste en de petites variations ΔU à partir d'une tension alternative fixe U_1, relativement grande (amplitude de l'onde porteuse dans la réception téléphonique, amplitude de l'oscillation locale dans la réception hétérodyne ou superhétérodyne). Dans ces conditions, la détection ne dépend que des deux dérivées partielles $\frac{\partial\varphi}{\partial u}$, $\frac{\partial\varphi}{\partial U}$ de l'expression (2), et elle peut être mise dans tous les cas sous forme algébrique simple.

L'étude de la détection est donc ainsi ramenée à la détermination des caractéristiques dynamiques (2). On peut les relever expérimentalement; on peut les déduire graphiquement de la caractéristique statistique (1). Mais le plus intéressant est de les calculer, en attribuant à la caractéristique (1) une expression analytique précise. Très souvent, on assimile cette caractéristique à une parabole; parfois aussi, à une exponentielle; ou bien on la divise en deux fragments, l'un rectiligne, l'autre parabolique ou également rectiligne. Nous avons constaté que ces diverses hypothèses, prises isolément, sont également incapables de donner satisfaction. Pour expliquer correctement les phénomènes observés, il faut les employer l'une après l'autre, suivant l'amplitude initiale U_1 de la tension appliquée.

Le résultat de notre étude est alors le suivant :

Pour tous les systèmes, le rendement de la détection commence par s'améliorer lorsque l'amptitude initiale U_1 de l'onde porteuse ou de l'oscillation locale augmente. Puis ce rendement devient indépendant de U_1 : la courbe de détection présente une partie rectiligne, dans laquelle le courant détecté est rigoureusement proportionnel à l'amplitude des petites variations ΔU. Cette partie doit être utilisée systématiquemeut, pour avoir le maximum de sensibilité et le minimum de distorsion. Nous donnons ci-après (p. 1002) très approximativement et pour la moyenne des lampes françaises essayées ses caractéristiques, avec les différents montages de détection employés.

Enfin nous avons montré que la détection dans le superhétérodyne normal n'est pas, comme on le croit et malgré la présence du condensateur shunté, une détection par la grille, mais en réalité une détection par la courbure de la caractéristique de plaque.

Type du montage.	Propriété utilisée.	Valeur de l'amplitude initiale U_1 optimum.	Sensibilité pour de petites variations à partir de U_1 (courant détecté par volt alternatif appliqué).	Fidélité (influence de la fréquence de modulation ou de battement).
Lampe triode :				
Condensateur shunté sur grille.	Courbure de la caractéristique de grille.	0,2 à 0,5 volt eff.	0,35 à 0,4 milliampère.	La fidélité est acceptable dans la gamme audible, moyennant précautions; mais le rendement baisse énormément aux fréquences superaudibles.
Polarisation négative de la grille.	Courbure de la caractéristique de plaque.	Quelques volts eff.	0,13 à 0,16 milliampère.	
Alimentation de la plaque en alternatif.	Convergence des caractéristiques de plaque pour la tension plaque nulle	20 à 40 volts eff. (sur la plaque).	Environ 0,035 milliampère.	Le rendement est indépendant de la fréquence de battement.
Lampe bigrille :				
Alimentation de la grille *intérieure* en alternatif.	Convergence des caractéristiques de plaque pour la tension de grille intérieure nulle.	10 à 20 volts eff. (sur la grille intér.).	Variable, de l'ordre de 0,13 à 0,35 milliampère	

SPECTROSCOPIE. — *Décharge sans électrodes en ondes amorties et en ondes entretenues. Spectres continus du césium et du potassium.* Note de M. **Georges Balasse**, transmise par M. A. Cotton.

I. La décharge sans électrodes en ondes amorties, produites à partir d'un éclateur alimenté par une source à grande différence de potentiel alternative, donne, on le sait, des spectres riches surtout en raies d'étincelle. Un tel mode de décharge est cependant susceptible de donner un spectre ne comportant que des raies d'arc seulement. De mes recherches faites sur la vapeur de césium, il résulte que :

1° A une température de 150° environ, le spectre comporte les raies d'étincelle (les raies d'arc ne sont que faiblement représentées) ;

2° La température s'élevant, le spectre d'étincelle fait place progressivement au spectre d'arc (¹); en même temps, à partir de 200°, un spectre continu, localisé dans la région du tube la plus faiblement excitée, apparaît. Il gagne d'abord en intensité au fur et à mesure que le spectre d'arc s'intensifie (G. Balasse et O. Goche). Il s'étend dans tout le spectre visible et au delà de la limite de la série principale du spectre d'arc. Les conditions physiques au cours desquelles ce spectre continu se présente m'ont fait supposer qu'il était produit par la recombinaison de l'atome de césium une fois ionisé, avec un électron extérieur d'énergie cinétique variable. Il naîtrait, par exemple, au moment où la pression de vapeur de césium serait telle qu'il ne serait plus possible à l'électron optique d'atteindre les trajectoires à grands nombres de quanta. Le calcul expliquerait l'émission de ce spectre continu si l'on admettait l'existence possible de la chute d'un électron extérieur, possédant une certaine énergie cinétique de départ, sur les trajectoires de l'électron à partir desquelles s'effectue l'émission du spectre d'arc. Une hypothèse similaire a d'ailleurs été admise par Bohr (²) pour expliquer la présence de bandes continues d'absorption s'étendant de la limite de la série principale des métaux alcalins vers les longueurs d'ondes courtes.

Pour le césium, la suite des spectrogrammes obtenus à température croissante et pour des tensions variant jusqu'à 40000 volts montrent :

1° Que le spectre continu acquiert son maximum d'intensité pour des conditions d'excitation telles que les spectres d'arc et d'étincelle existent simultanément avec une intensité comparable;

2° Que le spectre continu n'apparaît pas si le spectre d'étincelle existe seul (les raies d'arc n'étant que très peu intenses) : la quasi-totalité des atomes sont et demeurent ionisés, le nombre de recombinaisons d'électrons extérieurs à des atomes ionisés est très restreint;

3° Que le spectre continu n'apparaît pas si les raies d'étincelle ont disparu pour faire place aux raies d'arc : il n'existe plus d'atomes ionisés, donc plus de recombinaisons entre atomes et électrons.

(¹) L. Dunoyer, *Recherches sur la luminescence des gaz dans la décharge sans électrodes. Spectres d'induction du césium et du rubidium* (*Journal de Physique*, 3, août 1922, p. 261).

(²) Cf. A. Sommerfeld, *La constitution de l'atome et les raies spectrales*, 1923, p. 536.

J'ai observé sur les spectrogrammes présentant le spectre continu, la série $1s - md$, non compatible avec le principe de sélection.

Des spectrogrammes obtenus, dans les mêmes conditions, avec la vapeur de potassium présentent aussi un spectre continu analogue.

Une étude du spectre du cadmium produit à partir du même mode de décharge, faite par M. F. Esclangon ([1]), mentionne l'apparition de spectres continus du cadminm qui semblent être de même nature que celui que j'ai observé pour le césium. Ils semblent être autant de spectres continus intermédiaires entre les états notés dans l'étude de M. Esclangon :

Cd I et Cd II, Cd III, Cd IV,
Cd I, Cd II et Cd III, Cd IV,
Cd I, Cd II, Cd III et Cd IV.

J'ai séparé deux spectres d'étincelle du Cs, à l'aide des mêmes critères que ceux qui ont permis à MM. L. et E. Bloch de fractionner le spectre d'étincelle du mercure par la considération des raies longues ou courtes ([2]). Étant donnée la configuration que la théorie de Bohr prévoit pour l'atome de césium, il semble difficile d'admettre comme MM. L. et E. Bloch en ce qui concerne le mercure, que les deux spectres d'étincelle du Cs que j'ai obtenus correspondent à des atomes ionisés par le départ d'un, puis de deux électrons : il s'agit de deux spectres, d'excitation différente, mais correspondant à un même degré d'ionisation. D'après les résultats que j'indique, et ceux de M. Esclangon, je pense que la séparation des raies par leur longueur ne peut être le critérium certain d'un passage d'un état ionisé p fois à un état ionisé $p+1$ fois, mais que l'existence d'un spectre continu entre deux séries différenciées est un critérium certain d'un tel passage.

J'ai tenté de produire la décharge sans électrodes en ondes entretenues (R. Mœns) pour différents corps : Hg, HCL, I, Cs, K et j'ai obtenu pour chacun d'eux des décharges lumineuses stables. Des spectrogrammes obtenus pour Hg, Cs, K comportent uniquement les raies d'arc, parfois extrêmement intenses, de ces corps.

Jamais pour Cs et K, le spectre continu n'est apparu. Ce fait est bien

---

([1]) Félix Esclangon, *Séparation des spectres de divers ordres du cadmium* (*Journal de Physique*, 7, 1926, p. 52).

([2]) L. et E. Bloch, *Spectres d'étincelle d'ordre supérieur du mercure* (*Journal de Physique*, 4, octobre 1923, p. 333).

conforme aux hypothèses faites quant à l'origine de ce spectre continu. J'ai étudié, pour le Cs, l'influence de la fréquence du champ électromagnétique sur la composition de la luminescence : pour les longueurs d'ondes comprises entre 155^m et 880^m, les spectres de la décharge n'ont pas varié.

Les ondes entretenues ont été produites par des montages ordinairement employés. J'ai utilisé 2 lampes d'émission de 75 watts groupées en parallèle. La tension de plaque était de 1500 volts. L'intensité efficace dans le circuit oscillant était de 10 ampères.

PHYSIQUE. — *Dispositif pour la microphotographie et la microcinématographie biologiques.* Note (¹) de Mme **L. François-Franck**, présentée par M. d'Arsonval.

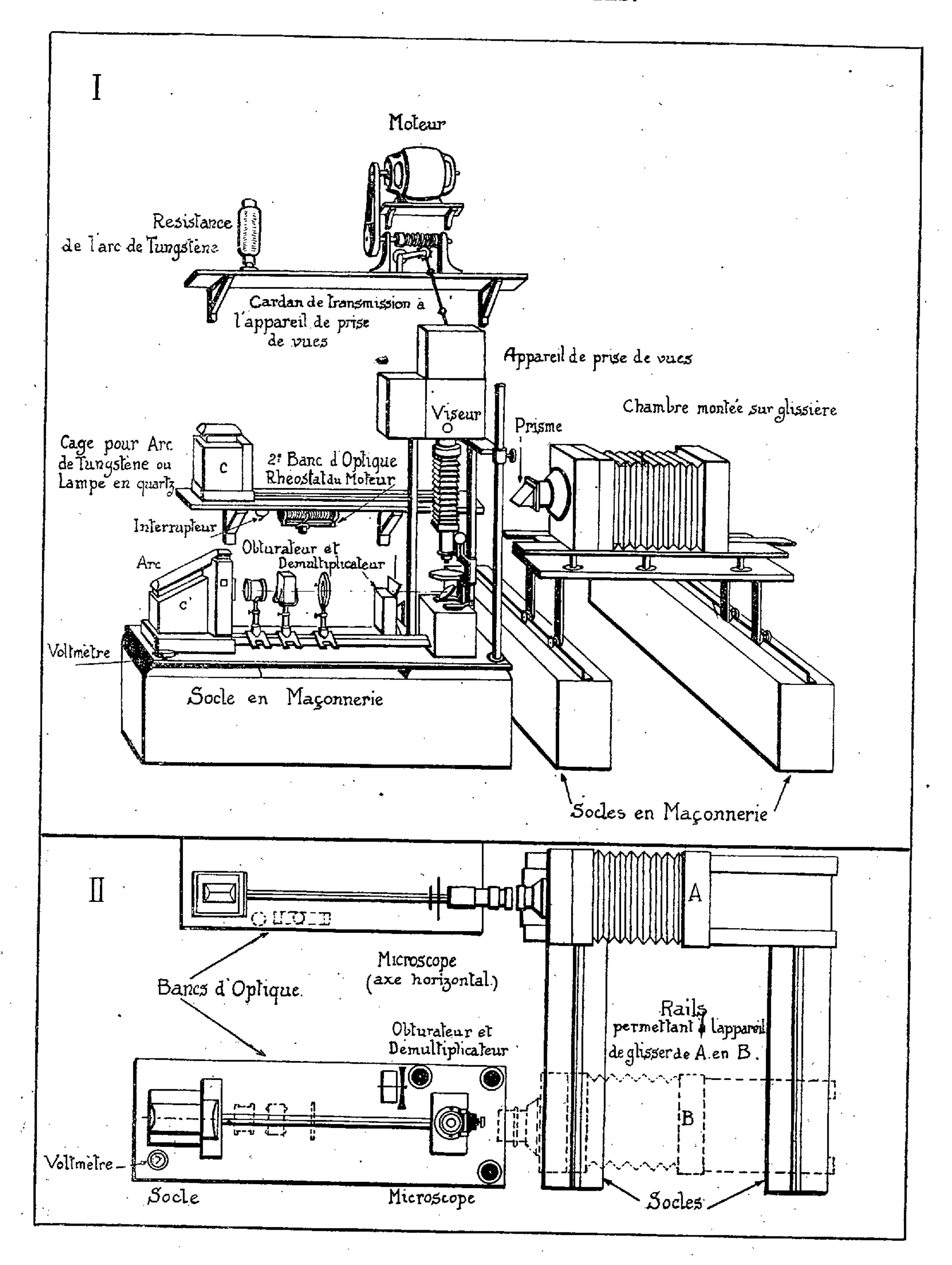
Les appareils que nous décrivons présentent des particularités techniques originales que nous avons publiées en leur temps (²) et, qui, depuis, ont été perfectionnées. Nous nous bornons à montrer l'ensemble du dispositif combiné pour la microphotographie et la microcinématographie biologiques. Les ressources analytiques de la lumière par transparence, de l'éclairage latéral, de la polarisation, de la fluorescence et de l'ultraviolet, dont on sait la variété et la sensibilité, y sont associées, d'une façon concrète et automatique, à tous les procédés de fixation de l'image par la photographie.

Le cinématographe, fixé sur une tablette coulissant sur des colonnes d'acier, est relié au moteur d'entraînement par un flexible qui l'accompagne dans ses différentes positions. Il recueille de 16 à 150 images par seconde. Un autre moteur, conjugué avec un démultiplicateur de vitesse, actionne un disque à plots qui commande l'encliquetage en prises de vue accélérées. Les cages C et C', interchangeables, abritent les sources de lumière : arcs électriques à régulateur automatique avec voltmètre, lampes à arcs de tungstène, lampes de quartz ou porte-électrodes. La protection de la préparation contre l'action des radiations lumineuses ou calorifiques, est assurée par un obturateur du faisceau actinique, synchrone avec l'obturateur propre du cinémato-

---

(¹) Séance du 28 mars 1927.

(²) L. Chevroton, *Dispositif pour les instantanés et la chronophotographie microscopiques* (*C. R. Soc. Biologie*, 66, 27 février 1909, p. 341). — L. Chevroton et F. Vlès, *La Cinématique de la segmentation de l'œuf et la chronophotographie du développement de l'Oursin* (*Comptes rendus*, 149, 1909, p. 806). — L. Chevroton et Vlès, *La Cinématographie du développement embryonnaire de l'Oursin* (*Arch. zool. exp.*, 5e série, 8, vi, 12 novembre 1911, p. 449).


I
Moteur
Resistance de l'arc de Tungstène
Cardan de Transmission à l'appareil de prise de vues
Appareil de prise de vues
Viseur
Prisme
Chambre montée sur glissière
Cage pour Arc de Tungstène ou Lampe en quartz
C
2e Banc d'Optique
Rhéostat du Moteur
Interrupteur
Obturateur et Demultiplicateur
Arc
C'
Voltmètre
Socle en Maçonnerie
Socles en Maçonnerie
II
A
Microscope (axe horizontal)
Bancs d'Optique.
Rails permettant à l'appareil de glisser de A en B.
Obturateur et Demultiplicateur
B
Voltmètre
Socle
Microscope
Socles

graphe. Un viseur permet l'observation permanente de l'objet et toutes les corrections relatives à sa mise au point et à son maintien dans le champ, ainsi que le contrôle de la marche de l'expérience (*fig.* I).

La chambre de microphotographie, mobile sur un système de rails et de glissières, est employée, soit au niveau du premier banc d'optique, avec adjonction d'un prisme à réflexion totale, dans tous les cas où la position verticale du microscope est requise, soit (*fig.* II) au niveau du second banc d'optique, sans prisme, dans le prolongement d'un microscope à axe horizontal. Le socle du microscope est une platine chauffante électrique qui, recouverte d'une boîte fenêtrée, réalise l'étuve à microscope, complément indispensable en cinématographie biologique.

La substitution des épreuves photographiques à l'observation directe des phénomènes passagers, dont les éléments vivants sont le siège, permet de suivre la continuité des processus d'évolution, de multiplier les moyens de comparaison et de contrôle, de rétablir pour les images recueillies l'ordre de grandeur familier aux examens oculaires et enfin d'étendre les méthodes d'investigations par l'emploi des radiations sélectionnées, visibles ou invisibles. L'appareil combiné que nous avons réalisé associe tous ces moyens de recherches pour les mettre commodément à la disposition des biologistes et répond ainsi aux besoins techniques du laboratoire moderne.

PHOTOCHIMIE. — *Action photochimique de l'arc à vapeurs de mercure sur un liquide formolé recouvert d'huile d'olives.* Note de M. **Émile Rousseau**, présentée par M. Guignard.

La suite de nos recherches sur l'action photolytique de l'arc à vapeurs de mercure sur l'acide cyanhydrique nous a secondairement conduit à étudier l'effet que pourrait engendrer cet arc sur un liquide formolé, recouvert d'huile d'olives qui remplit le rôle d'écran absorbant les rayons ultraviolets, mais qui laisse filtrer la radiation photochimique inconnue, à laquelle nous avons fait allusion dans une Note précédente [1].

Liquide d'expérience.

Formol commercial 40 pour 100 de date récente de fabrication.	1^{cm^3} (0,40 — H.COH)
Phosphate monocalcique cristallisé....................	10^g
Solution à P. E. de nitrate d'ammoniaque pur...........	0^{cm^3},8 (0^g,40)
Eau distillée, Q. S. pour............................	100^{cm^3}

[1] E. Rousseau, *Sur une action spéciale des radiations de l'arc au mercure* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 686).

Pour préparer ce liquide, on dissout d'abord, par dialyse, dans 80^{cm^3} d'eau, le sel calcique placé dans un nouet de gaze qu'on lave après la dissolution du sel, avec 10^{cm^3} d'eau distillée réunis au soluté, puis, avec une pipette de Levaditi ($\frac{1}{10}$ de centimètre cube), on ajoute le formol, la solution de nitrate; on complète, enfin, avec une quantité suffisante d'eau pour obtenir 100^{cm^3}. Nous avons réparti une quantité suffisante de ce liquide, filtré sur papier sans cendres, à la dose de 20^{cm^3}, dans 6 tubes de quartz (diamètre intérieur, 15^{mm}; épaisseur, 2^{mm}) et 6 capsules de porcelaine (diamètre intérieur, 64^{mm}) préalablement lavés avec SO^4H^2 chaud, de l'eau distillée, enfin séchés. Dans les capsules, le liquide formolé occupait une hauteur de 6^{mm} et la nappe d'huile d'olives filtrée, qui le recouvrait, avait une épaisseur de 3^{mm}.

Tubes de quartz, bouchés avec du caoutchouc pur, et capsules, placées à 700^{mm} d'un arc ultraviolet fourni par une lampe (quartz transparent) fonctionnant, en plein régime, sous 11 ampères et 110 volts aux bornes, reçurent simultanément l'irradiation ultraviolette pendant 6 heures. Toutes les heures, nous prélevâmes un tube et une capsule dont les liquides, après refroidissement à $+10°$, furent aussitôt dosés, par la méthode précise de Grimbert [1] qui permet de titrer le cuivre restant dans 40^{cm^3} de liqueur de Fehling (mélange A + B) réduite, et d'en déduire le cuivre passé à l'état d'oxydule rouge.

C'est qu'en effet l'irradiation d'une solution aqueuse de formol, d'après les travaux de Moore et Webster, de D. Berthelot, et enfin de E.-C.-C. Baly, engendre dans ce liquide des sucres réducteurs. Pour les doser dans nos liquides, des fioles de Vivien (200^{cm^3}) reçurent : 40^{cm^3} de liqueur de Fehling, 15^{cm^3} d'eau distillée, enfin 5^{cm^3} de chaque liqueur irradiée. Après une ébullition simultanée des liquides des deux fioles, correspondant à chaque titrage horaire, maintenue exactement pendant 3 minutes, ébullition faite sur un carton d'amiante, les liquides ont été refroidis à $+10°$, complétés à 200^{cm^3} et filtrés (filtration lente en raison du précipité de sulfate et de phosphate tricalcique formés). De ces liquides 50^{cm^3} furent prélevés et dosés avec une solution $\frac{N}{10}$ d'iode versée avec une burette graduée au $\frac{1}{20}$ de centimètre cube.

Température des liquides après leur irradiation. — Celle-ci a été comprise entre $+17°$ (irradiation de 1 heure) et $+23°,5$ (irradiation faite pendant 6 heures).

(1) L. Grimbert et J. Guiart, *Diagnostic chimique, microscopique et parasitologique*, 4e édition, p. 869 (Lamarre, éditeur, Paris, 1922).

DOSAGES. — *Titrage de la liqueur de Fehling :*

$$10 - 3 + \frac{1}{20} = 7 \times 0,0253 = 0,17780$$

représentant le cuivre que renferment 20$^{cm^3}$ de liqueur cuprique A.

Titrage d'une solution formolée à 1 pour 100 additionnée de 0$^{cm^3}$,8 *de solution de nitrate d'ammoniaque* (*prise d'essai* 5$^{cm^3}$) :

$$10 - 4 + \frac{19}{20} = 5 \times 0,0254 = 0,12700 \text{ (cuivre restant);}$$

cuivre réduit : 0,17780 — 0,12700 = 0,05080.

Titrage du liquide d'expérience (*témoin*) (*Prise d'essai* 5$^{cm^3}$) :

$$10 - 5 + \frac{6}{20} = 4,7 \times 0,0254 = 0,11938 \text{ (cuivre restant);}$$

cuivre réduit : 0,017780 — 0,11938 = 0,05842.

Cuivre réduit dans les liqueurs irradiées (Prise d'essai : 5$^{cm^3}$).

Les pourcentages sont exprimés en glycose (Tableaux de G. Bertrand).

Temps.	Témoin.	Quartz.	Pourcentages.	Huile.	Pourcentages.
h					
1......	0,05842	0,06604	0,34	0,06604	0,34
2......	0,05842	0,06858	0,35	0,07112	0,37
3......	0,05842	0,06604	0,34	0,06604	0,34
4......	0,05842	0,06858	0,35	0,07112	0,37
5......	0,05842	0,06096	0,31	0,06350	0,32
6......	0,05842	0,06604	0,34	0,06350	0,31

Si, avec l'aide des pourcentages précédents et des temps qui leur correspondent, on établit les courbes pour chaque essai (tube de quartz et huile) on constate tout d'abord qu'elles sont sinusoïdales, très sensiblement parallèles à partir de la première heure, et la courbe supérieure correspond à l'irradiation faite au travers de l'huile.

Ces courbes présentent, à des espaces horaires réguliers, des maxima (2 heures et 4 heures) puis des minima (3 heures et 5 heures). Les maxima sont l'expression graphique des effets photocatalytiques engendrés par l'ensemble des radiations (quartz) ou par la radiation photochimique inconnue (huile), alors qu'aux minima correspondent, au contraire, des effets photolytiques, par suite de la continuité de l'action radiante. Ces effets sont vraisemblablement dus à des phénomènes de réversibilité analogues à ceux qui ont été signalés par D. Berthelot avec H^2O^2 ou J. Pougnet avec $HgCl^2$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique.* Note (¹) de M. **Edmond Vellinger**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons montré récemment (²) que le pouvoir rotatoire des solutions d'acide tartrique de plus en plus diluées doit avoir pour limite supérieure celui du tartrate, ou plus exactement de l'anion tartrique. Dans une Note récente L. Longchambon (³) critique nos résultats et nos conclusions. Nous allons préciser plusieurs de nos observations, dont le sens exact semble avoir échappé à L. Longchambon.

1° Nous rappelons pour mémoire que le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique subit en fonction du pH une variation caractéristique à pente rapide entre pH = 2 et pH = 5, calculable à partir des formules classiques de dissociation. Ce même calcul rend parfaitement compte des variations du pouvoir rotatoire en fonction de la concentration, lorsque celle-ci est inférieure à 2 molécules-grammes par litre (⁴).

2° Nous avons indiqué, dans la Note visée par L. Longchambon, que l'application du schéma de Darmois aux solutions d'acide tartrique à différents pH donnait un faisceau de droites avec un point de convergence unique nettement défini; si l'on place sur ce schéma les droites représentant des solutions à diverses concentrations, on remarque que le point de convergence reste le même. En outre, les droites correspondant aux solutions de plus en plus diluées s'élèvent progressivement en pivotant autour du point de convergence et tendent ainsi, sans pouvoir l'atteindre, vers la droite correspondant au tartrate (voir figure). Si l'on construit un schéma à très grande échelle, dans lequel les droites ne se placent évidemment plus qu'avec des écarts irréguliers autour d'un point moyen de convergence, il est facile de déterminer la précision avec laquelle les diverses droites convergent vers ce point : une translation parallèle résultant d'une variation

(¹) Séance du 20 avril 1927.

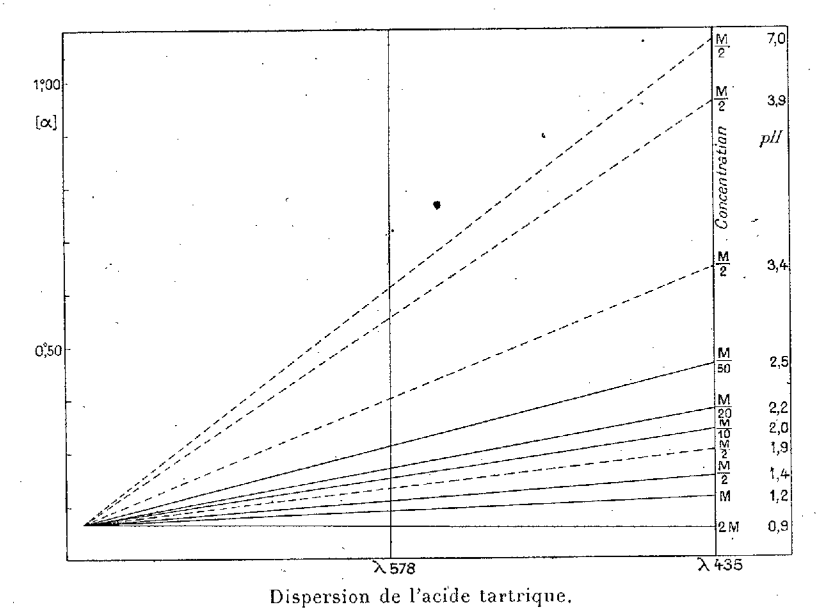
(²) E. Vellinger, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 741.

(³) L. Longchambon, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 958.

(⁴) F. Vlès et E. Vellinger, *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 841; *Arch. Phys. biol.*, 5, 1926, p. 36.

Nous avons pu, depuis la publication mentionnée plus haut, étendre la vérification des calculs jusqu'à la concentration de 0,005 molécules-grammes par litre. Pour les fortes concentrations il apparaît entre le calcul et l'expérience un écart systématique que nous discuterons ailleurs.

de 0,5 à 1 pour 100 des valeurs expérimentales ramènerait les droites les plus aberrantes sur le point moyen de convergence. Or la précision des mesures est limitée par l'appareillage polarimétrique; en effet, les autres manipulations, pesées, etc., se font avec une précision beaucoup plus grande que la mesure de la rotation. L'appareil Jobin et Yvon utilisé dans ces recherches donne 0°,02. D'autre part, l'écart moyen dans une série de 10 mesures est de 0,017 pour λ435 et de 0,011 pour λ578. Il s'ensuit donc



Dispersion de l'acide tartrique.

——— Droites correspondant aux solutions à concentration constante et à pH variables.

– – – – – – Droites correspondant aux solutions de plus en plus diluées.

que le point de convergence graphique est défini avec toute la précision que permettent d'atteindre les conditions expérimentales. S'il en était comme le veut L. Longchambon, les points de rencontre des droites correspondant aux solutions à pH bas avec celles des solutions à pH plus élevés, devraient, en raison des quantités croissantes de tartrate que contiennent les solutions, se sérier dans une courbe et se déplacer dans une direction privilégiée.

Il ressort de l'examen des faits vus précédemment que des expériences comme celle de L. Longchambon, qui consistent à chercher le pouvoir rotatoire limité des solutions d'acide tartrique de plus en plus diluées, même en utilisant des tubes d'une longueur inusitée, risquent d'être insuffisantes vis-à-vis du phénomène à atteindre. En effet, pour obtenir cette limite, il faudrait pouvoir préparer des solutions à une concentration telle que leur

réaction fût voisine de la neutralité (pH = 5 à 6); un calcul simple montre, pour un tel pH, que la concentration de l'acide est déjà tellement faible que la mesure du pouvoir rotatoire devient impossible, même avec des tubes de 10[m] (pour pH = 5 cette concentration est déjà de l'ordre de 1[mg] par litre). L. Longchambon prétend que dans ses expériences, contrairement à mes observations, les droits du schéma correspondant aux solutions non aqueuses ne passent pas par le point de convergence défini pour les solutions aqueuses. L'écart n'est sans doute pas considérable, reconnaît-il, mais reste toujours supérieur aux erreurs expérimentales. Dans l'impossibilité où je suis actuellement de faire d'autres expériences, je ne puis que maintenir mes premières affirmations.

LITHOLOGIE. — *Les enclaves enallogènes et les laves endomorphisées de Fouqué-Kaméni.* Note de M. **Const. A. Kténas.**

La composition minéralogique et chimique des laves de la dernière éruption du volcan des Kaménis (Santorin) a été précisée par les travaux de MM. A. Lacroix, Washington et de l'auteur (1). L'étude de leurs enclaves plésiomorphes et allomorphes m'a conduit, d'autre part, à reconnaître que la composition chimique de celles-ci n'est pas constante; elle varie dans des limites très espacées, qui correspondent d'une part à des dacitoïdes labradoriques et d'une autre à des labradorites bytownitiques (2). Je me propose, dans cette Note, de montrer que la lave de 1925-1926 enveloppe, également, des enclaves enallogènes et qu'elle a subi des transformations endomorphiques, en partie analogues à celles décrites par M. A. Lacroix dans les laves de 1866 (3).

a. Les enclaves enallogènes résultent de la transformation de calcaires argileux qui ont été arrachés à des gisements en place. Elles constituent des masses d'une couleur grise ou gris verdâtre et jaunâtre, tachetées de noir,

(1) A. Lacroix et Const. A. Kténas, *Les laves actuelles de Fouqué-Kaméni* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 893). — H. S. Washington, *Santorini Eruption of* 1925 (*Bull. Geol. Soc. of America*, 37, 1926, p. 376).

(2) Const. A. Kténas, *Sur la nature chimico-minéralogique des enclaves de Fouqué-Kaméni* (*Santorini*) (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 980).

(3) A. Lacroix, *Sur les transformation endomorphiques de l'andésite de Santorin sous l'influence d'enclaves enallogènes calcaires* (*Comptes rendus*, 130, 1900, p. 272).

dont le métamorphisme en *cornéennes calcaires* s'est effectué au sein de la matière ignée.

A la constitution minéralogique des enclaves enallogènes prennent part les minéraux suivants : wollastonite, mélilite (humboldtilite), fassaïte, mélanite, magnétite, calcite; dans bien des cas, les deux premiers silicates constituent à eux seuls toute la roche. La structure est granoblastique, parfois rubanée. Ce n'est que rarement que les cristaux automorphes de wollastonite sont enchevêtrés au milieu d'un verre qui remplit des vacuoles.

La magnétite, qui fait ordinairement défaut, peut devenir très abondante dans les roches que je désigne sous le nom de *cornéennes magnétitifères*. Tantôt ce minéral est concentré dans les cristaux de mélilite, et tantôt il imprègne certains lits de l'enclave. Je retrouve dans l'enrichissement en magnétite de quelques enclaves enallogènes de Santorin des traits analogues à celui que j'ai constaté dans les cornéennes calcaires des contacts du massif granitique de l'île de Sériphos [1].

b. Les parties du magma volcanique endomorphisées par absorption des mêmes calcaires ont fourni des roches renfermant les minéraux ordinaires du magma, mais *associés à la wollastonite*. La proportion de matière amorphe y est très variable. Quant aux feldspaths, ils sont très basiques; ils constituent parfois un groupement granoblastique traversé par des prismes d'augite d'un vert foncé. La partie périphérique des zones endomorphisées est souvent très compacte, tandis que l'intérieur est géodique, tapissé par des cristaux d'anorthite et d'augite, plus rarement de wollastonite et de sphène.

c. Les enclaves du type γ (labradorite bytownitique) dont la teneur en anorthite virtuelle [2] atteint 68 pour 100, ne résultent pas d'une transformation endomorphique; elles constituent des *ségrégations basiques*, au même titre que les enclaves allomorphes et les autres membres de la série labradoritique, englobés dans la lave du Fouqué-Kaméni. Je suis amené à soutenir ce point de vue, parce que j'ai constaté les faits suivants : 1° Il y a passage

(1) CONST. A. KTÉNAS, *Les phénomènes métamorphiques à l'île de Sériphos* (*Archipel*) (*Comptes rendus*, 158, 1914, p. 720, et *Annuaire de l'Université d'Athènes*, 13, 1917, p. 91).

(2) Je dois faire une certification au sujet des teneurs en anorthite virtuelle données dans ma Note antérieure (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 980). Les valeurs concernant les types α et β sont respectivement : 42 et 60 pour 100.

entre ces différents types de roches, et 2° Les minéraux caractéristiques des enclaves homœogènes, soit les plagioclases basiques (bytownite à anorthite) et l'olivine, se trouvent parfois parmi les phénocristaux du magma principal lui-même.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations biologiques sur* Fegatella conica (*L.*) *Corda*. Note de **M. G. Nicolas**, présentée par M. Molliard.

Un certain nombre d'auteurs ont signalé la présence à peu près constante d'un mycélium mycorhizique dans le thalle de *Fegatella*; quelques-uns même ont émis l'hypothèse d'une relation entre ce fait et la sexualité assez fréquente de cette hépatique, comparativement à deux espèces voisines, *Marchantia* et *Lunularia*, et peut-être même la difficulté avec laquelle les spores germent en milieu stérile ([1]).

A ce sujet Cavers, en 1904, indique que, sur la terre de bruyère stérilisée, les spores germent en petit nombre et ne donnent que des thalles mal développés, longs et étroits et, en 1925 et 1926, sur Marchal gélosé stérilisé, je n'ai obtenu aucune germination. Cherchant à expliquer cette particularité, j'ai fait quelques observations qui me semblent intéressantes.

Examinant des spores au moment de l'ouverture du sporogone, j'ai été frappé de leur dimorphisme, qui aurait pu faire songer à de l'hétérosporie; les unes, vertes, pluricellulaires — on sait, en effet, que la germination, dans cette espèce, commence dans l'intérieur de la capsule et que le protonéma typique fait défaut —, relativement volumineuses (75^{μ} à 100^{μ}); les autres, plus petites, brunes, unicellulaires (50^{μ} à 70^{μ}). Un semis naturel de spores sur un thalle, le 11 mars, à la température du laboratoire, m'a permis de faire les observations suivantes : 15 mars, pas de germination; 17 mars, émission de rhizoïdes lisses (1 à 3) par les grosses spores ayant augmenté de volume (150^{μ}); 23 mars, émission d'un filament vert pluricellulaire qui s'allonge; le 12 avril, un certain nombre de spores sont pourvues de 1 à 3 rhizoïdes lisses et d'un filament vert, cylindrique, mesurant 350^{μ}; d'autres ont augmenté seulement un peu de volume, sont devenues pluricellulaires et n'ont encore que des rhizoïdes; d'autres, enfin, brunes, ont conservé leurs dimensions et leur aspect primitifs.

---

(1) G. Nicolas, *Observations sur la biologie de quelques Bryophytes* (*Revue générale de Botanique*, 38, 1926, p. 43-57, *et Cultures pures de quelques Hépatiques* (*Ass. Fr. Av. Sciences*, Congrès de Lyon, 1926, p. 235).

L'examen de ces petites spores m'a révélé l'existence, dans leur intérieur, d'un mycélium siphoné, large, pourvu de vésicules, en relation avec celui du thalle.

En effet, à la base de chaque sporogone, dans le tissu du thalle, j'ai retrouvé le même mycélium siphoné, mycorhizique, qui pénètre dans le pied du sporogone et, de là, dans l'intérieur de la capsule, où il infecte un plus ou moins grand nombre de spores et à différents états de leur évolution. Ceci expliquerait les caprices de la germination; les unes peuvent rester indemnes et germent normalement, les autres, infectées peut-être tardivement, ont un développement très retardé, d'autres enfin sont complètement stériles.

A la suite de cette observation, je fis l'examen de cultures de 1926, restées complètement stériles, sans germination; toutes les spores avaient conservé leur aspect primitif (petites, brunes) et contenaient du mycélium. Des semis ont été refaits, en mars 1927, dans les mêmes conditions; beaucoup de spores ne germent pas, mais quelques-unes ont déjà émis un petit filament vert pluricellulaire. J'ajoute que la germination nécessite, en milieux solides, beaucoup d'humidité et la présence d'une certaine quantité d'eau dans le vase de culture.

En résumé, un champignon siphoné contamine très fréquemment le thalle de *Fegatella* où il ne semble pas causer de dégâts; ce même champignon infecte aussi le sporogone, dont il stérilise plus ou moins les spores, contrairement à l'opinion que j'avais émise. Sortant des spores, il pénètre dans les très jeunes thalles par les rhizoïdes lisses et c'est peut-être à sa présence dans l'intérieur des spores qu'il faut attribuer sa si grande fréquence dans les thalles de *Fegatella*.

BOTANIQUE. — *Les algues perforantes, leur distribution et leur rôle dans la nature.* Note [1] de M. G. **Nadson**, présentée par M. Marin Molliard.

Ed. Bornet et Ch. Flahaut ont décrit dans leur ouvrage *Sur quelques plantes vivant dans le test calcaire des mollusques* (1889) les algues microscopiques qui perforent le test des mollusques. Dans mon travail *Les algues perforantes et leur rôle dans la nature*, paru en 1900 (*Scripta Botanica*, Saint-Pétersbourg, fasc. 18), j'en ai donné une

(1) Séance du 20 avril 1927.

description plus détaillée et j'ai indiqué, qu'étant excessivement répandues dans la nature, elles y jouent un rôle très important dans la destruction des roches calcaires. Il est connu actuellement environ 10 espèces d'algues perforantes; parmi celles qui ont la plus grande extension dans presque toutes les mers, il faut citer *Hyella cæspitosa* Born. et. Flah., *Mastigocoleus testarum* Lagerh., *Gomontia polyrhiza* Born. et Flah. et *Ostreobium Queketti* Bor. D'après les listes dressées pour différentes localités par divers auteurs, nous voyons que les algues perforantes se rencontrent dans les mers froides du Nord (Groenland) jusqu'à celles de l'extrême Sud (cap Horn), dans toutes les mers de l'Europe, sur les côtes occidentales et orientales de l'Amérique du Nord et en beaucoup d'endroits des tropiques sur les côtes de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique : mais généralement il n'en est fait mention qu'incidemment. C'est pourquoi j'ai cherché à réunir toutes les données concernant cette question. J'ai personnellement observé et collectionné les algues perforantes dans l'océan Glacial Arctique (Mourmanie, île de Kildine), dans la mer du Nord (Helgoland), dans la mer Baltique (île de Rügen, baie de Hapsal), dans la mer Noire (Crimée, Batoum), dans la mer Caspienne (Bakou), dans la mer Méditerranée (Naples, Villefranche-sur-Mer). J'ai de plus reçu de nombreux échantillons des régions suivantes : mer Méditerranée (côtes de la Grèce et d'Algérie), océan Pacifique (Kamtchatka et Vladivostok), mer Rouge (Thor, Dejeddah, Port-Soudan, Aden), de l'océan Indien (Ceylon, Java, Singapour), de l'océan Atlantique (îles de Bahama).

Bien que n'ayant pas entièrement terminé l'étude de ces collections, je suis à même d'affirmer que les algues perforantes ne sont pas seulement extrêmement répandues, mais se développent en immenses quantités dans les mers les plus variées. Elles perforent les substances calcaires de toutes sortes, depuis les délicats téguments calcaires des Bryozoaires et les tubes des vers jusqu'aux roches calcaires les plus dures. Souvent on peut observer sur des centaines de kilomètres le long de la côte que les roches calcaires sous-marines sont couvertes de taches vertes ou bleuâtres ou sont même entièrement colorées en ces teintes. Elles les doivent aux algues perforantes végétant dans les couches supérieures de la pierre. Elles ne se rencontrent pas, d'après mes observations, à une profondeur supérieure à 50^{m}. C'est surtout dans les couches superficielles de la zone inondée par les vagues et la marée, qu'elles exercent, de concert avec les animaux perforants (éponges, mollusques, etc.), leur œuvre destructrice que terminent les flots. Elles s'attaquent aux mollusques de toute espèce, aux coquilles vides ainsi qu'à

celles des animaux vivants. Il est surtout difficile de trouver des coquilles d'huître non infestées; il en va de même pour le test de *Balanes*, recouvrant par milliers les roches du rivage. Les échantillons très variés de coraux que j'ai reçu des bords de la mer Rouge, de Ceylon, de Java, des îles de Balama, m'ont mis à même de juger de toute l'étendue de l'œuvre destructrice des algues perforantes : elles envahissent non seulement les menus débris et le sable corallien, mais aussi les blocs détachés des bancs et des récifs coralliens. La partie inférieure du tronc de corail de grandes dimensions est souvent percée de tout un réseau de canaux de *Ostreobium Reinekei*, ce qui doit amener sa rupture en cet endroit sous le choc des vagues. Il est certain que les algues perforantes contribuent à la formation des atolls en prenant part à la destruction de la partie centrale des bancs de coraux.

Non seulement les animaux, mais les algues calcaires, telles que *Lithothamnion*, subissent l'attaque des algues perforantes. Quant à leur rôle dans les eaux douces, bien qu'elles n'y soient pas si répandues que dans les mers, il ne laisse pas d'être assez important, ainsi que j'ai pu le constater dans certaines rivières du nord-ouest de la Russie (Volchow, Msta). L'action dissolvante des algues perforantes s'exerce non seulement sur le carbonate de chaux (qu'elles transforment en bicarbonate), mais aussi sur le carbonate de magnésium. Il est bien connu que celui-ci accompagne souvent le carbonate de chaux dans le test des mollusques, dans les coraux et surtout dans les dolomies. Il m'est arrivé de voir des galets de dolomite envahis par les algues perforantes. Le magnésium se trouve donc aussi entraîné dans la circulation grâce à l'activité de ces organismes. Enfin il est à noter que ce n'est pas de l'époque actuelle que date la grande extension des algues perforantes dans la nature et l'importance de leur rôle. Elle remonte pour le moins à l'époque silurienne, comme l'attestent les canaux et les galeries trouvés dans le test des mollusques et les os des animaux fossiles. Ces canaux, attribués pendant longtemps à des champignons perforants, sont surtout l'œuvre des algues. On peut, entre autres, fréquemment reconnaître les canaux bien caractérisés de *Ostreobium*. Les algues perforantes ont donc une origine très ancienne.

En résumé, les algues perforantes sont excessivement répandues dans les mers depuis une époque très reculée. Leur œuvre, bien que peu visible au premier abord n'en est pas moins grandiose. Leur rôle dans la circulation du calcium et, à un certain point, dans celle du magnésium, est très important.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Légumineuses. Développement du proembryon chez le* Trifolium minus *Rehl.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

La cellule apicale du proembryon bicellulaire (*ca*, *fig.* 1) se partage par une cloison oblique en deux éléments de forme et de dimensions dissemblables, *a* et *b* (*fig.* 2 à 4). La cellule basale *cb* se divise, peu après, par une paroi également oblique ou à peu près verticale, en deux cellules juxtaposées; dans celles-ci les cloisonnements se succèdent selon des directions assez variables; ils aboutissent à la formation d'un suspenseur proprement dit, globuleux, aplati, ne contribuant nullement à la construction de l'embryon.

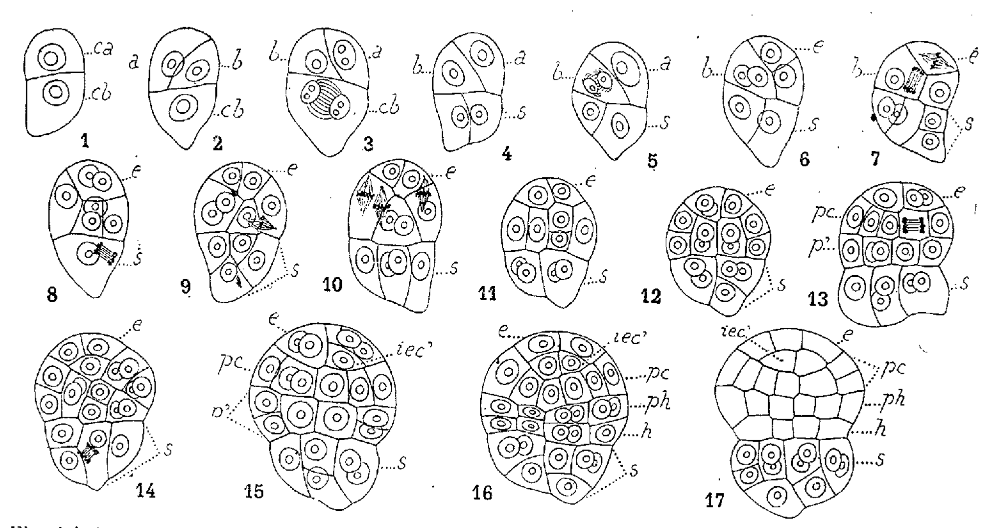


Fig. 1 à 17. — *Trifolium minus* Rehl. — Les principales étapes du développement du proembryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *s*, suspenseur proprement dit; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée; *p'*, assise engendrant la partie hypocotylée et l'hypophyse; *ph*, partie hypocotylée; *h*, hypophyse; *iec'*, initiales de l'écorce de la tige. G. = 500.

La cellule *a* (*fig.* 5 et 6) prend une cloison oblique, normale à la précédente, et la cellule *b* une cloison à peu près verticale, méridienne. Les quatre éléments issus de la cellule apicale viennent ainsi occuper les quatre sommets d'un tétraèdre et l'un d'eux, placé au sommet de l'embryon, se comporte, dans la suite, comme une épiphyse, semblable à celle qui a été observée chez certaines Dicotylédones.

Les trois cellules placées au-dessous de l'épiphyse se divisent en règle générale par des cloisons verticales (*fig.* 8, 9); cela ne paraît nullement douteux pour ce qui concerne la cellule-sœur de l'épiphyse; mais les deux cellules-filles de *b* peuvent prendre des cloisons plus ou moins obliques. Quoi qu'il en soit, il apparaît bientôt, dans cette région, six éléments que l'on peut aisément identifier en dénombrant leurs noyaux, mais dont l'orientation géométrique véritable dans le plan horizontal paraît difficile à déterminer.

Par segmentation transversale de ces six éléments (*fig.* 10), il se constitue bientôt deux assises cellulaires très nettes (*fig.* 11 à 13, *pc* et *p'*). Le plus souvent, les cloisons sont franchement horizontales (*fig.* 11 et 12), mais parfois (*fig.* 14) elles prennent des directions plus ou moins inclinées, et la différenciation des deux assises ne se produit qu'un peu plus tard; elle est, en tout cas, très constante et toujours évidente aux stades correspondant à la figure 15. Alors que les éléments de l'assise supérieure, *pc*, placée directement sous l'épiphyse, commencent à se cloisonner verticalement ou tangentiellement, les éléments de la couche inférieure, *p'*, voisine du suspenseur, se segmentent horizontalement (*fig.* 15 à 17) et donnent bientôt naissance, de la sorte, à deux nouvelles assises *ph* et *h*.

Entre l'épiphyse et le suspenseur proprement dit, le proembryon se trouve ainsi partagé en trois assises cellulaires toujours bien séparées par deux plans horizontaux, dont le premier correspond au plan équatorial. Elles jouent dans la construction de l'embryon et de la plante un rôle bien déterminé. A leur niveau, les éléments ne sont pas encore différenciés; on ne peut reconnaître ceux qui sont destinés à engendrer le dermatogène, le périblème ou le plérome.

Je montrerai prochainement à quel stade de l'embryogenèse cette séparation des histogènes devient définitive et quelles fonctions sont attribuées aux trois assises dont on vient de voir le mode d'origine. Pour le moment, on notera le caractère bien particulier des lois qui président au développement de l'embryon chez le *Trifolium minus*. A cet égard, cette espèce diffère essentiellement de toutes celles qui ont déjà été examinées. Quelques termes de rapprochement peuvent néanmoins être relevés. Ainsi, par la disposition tétraédrique des quadrants, par la formation d'une épiphyse aux dépens d'un de ces quadrants, le *T. minus* peut être comparé au *Geum urbanum* et à l'*Erodium cicutarium*. La différenciation immédiate de la cellule basale en un suspenseur *sensu stricto* rappelle le cas du *Sagina procumbens*.

CRYPTOGAMIE. — *Recherches sur les causes de l'apparition du périthèce chez l'*Aspergillus fumigatus Fresenius. Note (¹) de MM. **A. Sartory**, **R. Sartory** et **J. Meyer**, présentée par M. Guignard.

Pour rechercher les causes de l'apparition de la reproduction sexuée dans les cultures de l'*Aspergillus* soumis à l'irradiation, nous avons entrepris les expériences suivantes :

I. *Modification du* pH. — En ce qui concerne les modifications de la concentration en ions H des différents milieux dissociés et non dissociés apportées par le radium, nous pouvons formuler la conclusion suivante : dans une solution renfermant des albuminoïdes sans électrolytes, le pH n'est guère modifié ou légèrement dévié vers l'alcalinité par l'irradiation ; au contraire, la concentration en ions H d'une solution dissociée augmente sous l'influence de l'irradiation. Ces variations se produisent directement pendant la période de l'irradiation et le maximum d'écart se manifeste après une periode de 10 à 15 jours.

II. *Modifications du pouvoir diastasique.* — Nous nous sommes adressés aux diastases suivantes : présure, caséase, gélatinase, sucrase, trypsine. Nous avons distingué les diastases extracellulaires et intracellulaires (²). En ce qui concerne les exodiastases, nous pouvons dire qu'en milieu dissocié seulement l'activité diastasique extracellulaire est fortement diminuée par le radium ; quant aux endodiastases, nous constatons qu'en milieu dissocié seulement l'activité diastasique intracellulaire est augmentée très sensiblement par le radium. Nous voyons donc qu'un écart relativement considérable se produit dans le milieu dissocié et cet écart se manifeste chez les deux sortes de diastases (*exo* et *endo*) dans deux sens exactement opposés ; dans ce même milieu nous avons vu une modification accentuée du pH. Les causes de ces phénomènes résident dans une diminution de la perméabilité de la membrane cellulaire (³) et la diffusion à l'extérieur des diastases élaborées malgré le radium ne se produit plus, suite d'un trouble apporté dans l'équilibre des membranes de Donnan.

C'est dans la zone limite acide de croissance de l'organisme, moment où

(¹) Séance du 20 avril 1927.

(²) M. Holderer, *Recherches sur la filtration des diastases* (Th. Sc., Paris, 1911).

(³) J. Loeb, *La théorie des phénomènes colloïdaux. Les Protéines*, F. Alcan (Paris, 1924-1925).

les diastases ne diffusent plus, que nous avons vu apparaître la reproduction sexuée. Afin de comparer ces modifications apportées par le radium avec les propriétés biologiques (diastases) de races d'*Aspergillus* sexuées et asexuées, nous avons examiné les différentes souches suivantes : souche normale pathogène, souche provenant de périthèce, souche de première génération sexuée, souche de deuxième génération sexuée, souche normale irradiée même. De ces diverses cultures, celle de deuxième génération a, dans des recherches antérieures, toujours conservé le mode sexué, tandis que pour la première génération et celle issue d'ascospores directes, nous avons toujours eu des mutantes. Dans la recherche de l'activité diastasique, nous avons constaté l'absence presque complète de sécrétions diastasiques chez la deuxième génération, et chez les autres échantillons, la production d'exodiastases.

En comparant les propriétés de ces différentes souches avec celles de l'espèce irradiée, nous pouvons conclure : l'apparition du phénomène de la sexualité produit par le radium se manifeste à la zone limite acide de croissance occasionnée par l'introduction d'un électrolyte dans le milieu; elle est en intime relation avec la production d'enzymes et dépend d'un trouble apporté dans l'équilibre des membranes de Donnan ayant pour conséquence une diminution de la perméabilité cellulaire [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du foie broyé sur le cyanate d'ammonium.* Note de M. **R. Fosse** et de Mlle **N. Rouchelmann**, présentée par M. Émile Roux.

1. Le dosage de l'urée, produite par une même quantité de cyanate d'ammonium, seul ou additionné de pulpe hépatique, accuse un déficit notable dans le mélange cyanate d'ammonium-foie.

Des matériaux de la cellule hépatique, connus ou inconnus, empêchent une importante partie du cyanate, mis en expérience, de subir la transformation de Wœhler :

$$CONH, NH^3 \rightarrow CO\begin{matrix} NH^2 \\ NH^2 \end{matrix}.$$

2. *Action du cyanate d'ammonium sur le foie à 37-40°.* — Un volume déterminé de solution de cyanate qui, après 24 heures à l'étuve, produit

(1) Le détail de ces recherches est exposé dans un Mémoire étendu.

$5^g,39$ d'urée, n'en donne, dans les mêmes circonstances, que $2^g,34$, lorsqu'il a été préalablement mêlé à 1^{kg} de foie.

Or, le foie témoin renferme, par kilogramme, $1^g,38$ d'urée totale, formée, soit pendant la vie de l'animal, soit après sa mort, d'après un phénomène découvert par Ch. Richet. Donc, dans ces conditions, 1^{kg} de foie détourne de sa transformation normale en urée une quantité de cyanate supérieure à :

$$5^g,39 - 2^g,34 = 3^g,05.$$

Si l'ammoniaque du cyanate (sel à réaction alcaline) était sans influence sur l'autolyse et la production d'urée dans le phénomène de Richet, la proportion de ce sel non transformée en urée, en présence de 1^{kg} de foie, pourrait être évaluée très exactement. Elle serait, alors, représentée par :

$$5^g,39 - (2^g,34 - 1^g,38) = 4^g,43.$$

Technique. — A. Pulpe de foie. — Le foie d'un chien, saigné à blanc, est congelé, broyé et additionné de $0^g,5$ pour 100 de fluorure de sodium.

B. Solution mère de cyanate d'ammonium :

Cyanate d'argent	$7^g,5$
Chlorure d'ammonium	4^g
Eau	100^{cm^3}

C. On place à l'étuve, vers 37°-40°, pendant des intervalles de temps croissants, quatre séries de vases contenant :

1° *Solution de cyanate témoin :*

Solution mère de cyanate	10^{cm^3}
Solution de NaF à 1/200	20^{cm^3}

2° *Foie cyanaté :*

Solution mère de cyanate	10^{cm^3}
Pulpe de foie fluorée	30^g

3° *Foie témoin :*

Pulpe de foie fluorée	30^g
Eau	10^{cm^3}

4° *Foie témoin chlorure d'ammonium :*

Chlorure d'ammonium	$0^g,4$
Eau	10^{cm^3}
Pulpe de foie fluorée	30^g

D. Chacun des vases reçoit 30^{cm^3} d'iodomercurate acétique. Leur contenu est amené,

après agitation, addition d'eau, filtration et lavage au volume de 100$^{cm^3}$. A 20$^{cm^3}$ de chaque liqueur, on ajoute 40$^{cm^3}$ d'acide acétique et du xanhydrol (1^g pour 200$^{cm^3}$ du volume total), dissous, à froid et au moment de l'expérience, dans 10 pour 100 d'acide acétique.

	Xanthyl-urée pour 20$^{cm^3}$.	Urée produite par 1000^g Foie.	Urée produite par Cyanate (333$^{cm^3}$,3 solut. mère). Seul.	Mêlé à 1000^g Foie.	Cyanate d'am. non transformé en urée, en présence de 1000^g Foie Valeur approchée :
	24 heures à 37°-40°.				
	g	g	g	g	g
1. Cyanate d'am. témoin..	0,2280	»	5,39	»	»
2. Foie témoin..........	0,0583	1,38	»	»	»
3. Foie cyanaté.........	0,0985	2,34	»	0,96	4,4
4. Foie témoin av. NH^4Cl.	0,0564	1,33	»	»	»
	48 heures à 37°-40°.				
1. Cyanate d'am. témoin..	0,298	»	7,05	»	»
2. Foie témoin..........	0,0759	1,80	»	»	»
3. Foie cyanaté.........	0,103	2,43	»	0,63	6,4
4. Foie témoin av. NH^4Cl.	0,080	1,90	»	»	»
	96 heures à 37°-40°.				
1. Cyanate d'am. témoin..	0,309	»	7,32	»	»
2. Foie témoin..........	0,0849	2,01	»	»	»
3. Foie cyanaté.........	0,1146	2,69	»	0,68	6,6
4. Foie témoin av. NH^4Cl.	0,0843	2,00	»	»	»

3. *Action du cyanate d'ammonium sur le tissu hépatique chauffé à* 100°. — Des résultats semblables sont obtenus avec le foie de chien, préalablement chauffé à 100°, ou, lorsqu'on place le tissu broyé au bain-marie bouillant, ausssitôt après son mélange avec le cyanate. Un kilogramme de foie, coagulé, peut ainsi empêcher près de 5^g de cyanate d'ammonium de produire de l'urée.

La séance est levée à 15^{h}20^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 11 avril 1927.)

Note de *G. Bigourdan*, Sur la longitude Paris-Greenwich :

Page 920, ligne 20, au lieu de *Nauenpolis*, lire *Nauen*.

Page 921, ligne 10, au lieu de *augmentée de* $0^s,02$ *en valeur absolue et portée à* $0^h.9^m.20^s,95$E, lire *diminuée de* $0^s,02$ *en valeur absolue et réduite à* $0^h.9^m.20^s,91$E.

Note de M. *Léon Pomey*, Sur les équations intégro-différentielles aux dérivées partielles d'ordre infini, dont la solution a le même domaine d'existence que les coefficients :

Page 925, dernière ligne, *au lieu de* équations différentielles ordinaires, *lire* équations différentielles linéaires.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 MAI 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Création d'un Institut de Biologie physico-chimique par M. Edmond de Rothschild.* Note de M. **Paul Appell.**

Je suis heureux de faire, devant l'Académie, la première notification publique de la donation de trente millions que notre confrère Edmond de Rothschild fait à la Fondation scientifique qu'il a créée il y a quelques années (dont je suis le président et dont MM. Moureu et Perrin sont les vice-présidents), afin de construire un grand Institut de Biologie physico-chimique et d'en assurer le fonctionnement.

Cet Institut aura pour but de rechercher les mécanismes physico-chimiques des phénomènes de la vie, spécialement en vue de mieux connaître le fonctionnement du corps humain; et cela en dehors de la Microbiologie, si magistralement étudiée et approfondie à l'Institut Pasteur. A cette fin, prenant pour directives générales les doctrines de Claude Bernard sur le déterminisme physico-chimique de la vie, et s'efforçant de continuer l'œuvre de ce grand physiologiste, le nouvel Institut réunira des physiciens, des chimistes et des biologistes pour étudier les problèmes que posent les diverses fonctions physiologiques. Cette collaboration, souvent désirée, mais non organisée jusqu'ici, sera un caractère essentiel de l'Institut Edmond de Rothschild.

Conformément à cette idée, le travail sera coordonné par une Commission composée par notre confrère Jean Perrin, Prix Nobel de Physique; par M. Job, professeur de Chimie à la Sorbonne, et déjà secrétaire général

de la Fondation; par M. André Mayer, professeur de Physiologie au Collège de France; et par M. Pierre Girard, directeur de laboratoire aux Hautes Études, connu par ses travaux sur le rôle du plomb dans la stérilisation des tumeurs cancéreuses ainsi que sur le mécanisme du choc et sa prévention, qui sera administrateur. L'Institut fonctionnera sous le contrôle du Conseil de la Fondation convenablement élargi, notamment par l'adjonction de notre confrère d'Arsonval, maître actuel de l'Électrophysiologie. M. Edmond de Rothschild nous demande en outre d'élire parmi nous un nouveau délégué (physiologiste) pour nous représenter dans ce Conseil où figurent déjà huit d'entre nous.

ÉLASTICITÉ EXPÉRIMENTALE. — *Détermination de la résistance d'un ouvrage sur un modèle réduit.* Note de MM. **Mesnager** et **Veyrier**.

Les barrages ont pour notre pays un intérêt considérable au point de vue de la régularisation des cours d'eau et de la mise en valeur de la houille blanche. Malheureusement on les construit le plus souvent sous forme d'un mur à section triangulaire, facile à calculer, sauf dans la partie inférieure où se produisent précisément les plus grandes pressions. Il est actuellement possible de déterminer celles-ci par la méthode expérimentale notamment en utilisant la double réfraction accidentelle.

Mais cette méthode ne peut s'appliquer en général qu'aux problèmes à deux dimensions. Pour les barrages en particulier, elle ne donne de résultats que pour les barrages-poids, c'est-à-dire équilibrant la poussée de l'eau par leur poids, de hauteur constante et en ligne droite.

Cependant les barrages en voûte à axe de révolution vertical s'appuyant contre les flancs de la vallée sont beaucoup plus économiques que les barrages-poids. Les barrages fractionnés en voûte présentent sur les précédents des avantages notables et procurent des économies de l'ordre d'au moins 25 pour 100, ce qui n'est pas négligeable quand il s'agit de travaux de l'ordre d'une vingtaine de millions. Mais on peut être inquiet de voir construire des murs aussi élevés et aussi minces que ceux auxquels on est conduit par l'application de notre type. Il a donc paru nécessaire de faire des expériences sur des modèles pour déterminer le degré de sécurité qu'ils présentent.

Ces expériences, organisées par nous, sont actuellement en cours.

Pour l'exécution de celles-ci, nous avons employé une méthode que nous croyons nouvelle pour vérifier la résistance. Elle consiste à employer un modèle semblable à l'ouvrage prévu, à remplacer l'eau par un liquide de densité plus élevée et la matière de l'ouvrage (en général béton) par une autre moins résistante. On arrive ainsi, toutes les fois que le poids de l'ouvrage peut être considéré comme sans influence sensible sur la résistance (la méthode ne s'applique donc pas au barrage-poids) à réaliser un modèle, qui, à une échelle arbitraire, présente un coefficient de sécurité arbitraire par rapport à l'ouvrage à réaliser. Si ce modèle résiste à l'essai, on est sûr que l'ouvrage prévu aura un coefficient de sécurité déterminé, facile à calculer, trois, par exemple, autrement dit qu'il sera trois fois plus résistant qu'il n'est nécessaire.

Cette méthode est évidemment applicable à beaucoup d'autres problèmes que ceux des barrages, aux bateaux, à l'étude du flambement des tuyaux pressés extérieurement, etc. On peut la justifier de la façon suivante.

Changement de liquide. — Si l'on remplace l'eau agissant sur un ouvrage par un liquide l fois plus dense, la pression aux mêmes points sera l fois plus grande. On démontre en élasticité que, si l'on multiplie par l les charges en chaque point, les fatigues seront l fois plus grandes en chaque point.

Similitude complète. — Si l'on prend un ouvrage de forme quelconque en équilibre, qu'on fasse un modèle en même matière en divisant toutes les dimensions de cet ouvrage par n et qu'on remplace l'eau par un liquide de densité n par rapport à l'eau les pressions intérieures en tout point seront les mêmes.

En effet, la pression du liquide sur la couche à la profondeur h dans la réalité et dans le modèle sur la couche à la profondeur h/n seront les mêmes puisque le poids de la colonne liquide est le même.

Or, quand dans un ouvrage et dans son modèle en même matière aux points correspondants les pressions sont les mêmes, les pressions sur un élément quelconque de l'ouvrage et l'élément homothétique du modèle sont les mêmes. C'est presque évident, on peut d'ailleurs le démontrer rigoureusement.

Si l'on remplace l'eau par du mercure par exemple, il faudrait, pour avoir la similitude complète, faire le modèle à l'échelle 1/13,6.

Changement de matière. — Si l'on prend un ouvrage et qu'on fasse un modèle égal à l'ouvrage en matière m fois moins résistante, qu'on le soumette aux mêmes forces, la rupture se produira sous des charges m fois

plus petites pour le modèle. Ce serait rigoureusement vrai à deux dimensions, à trois dimensions les différences sont encore négligeables comme le montrent l'expérience et le raisonnement. On l'admet toujours en résistance des matériaux (si l'on peut négliger le poids du modèle vis-à-vis des efforts), on peut montrer que ce serait rigoureux au point de vue de la théorie de l'élasticité si le rapport des deux coefficients d'élasticité restait le même. L'influence de ce rapport reste toujours très petite. Le danger de formes instables (de flambement, pour employer l'expression des ingénieurs) reste sensiblement le même car le module d'Young est sensiblement proportionnel à la résistance.

Changement de matière et d'échelle. — Si l'on change la matière, l'échelle et le liquide, les fatigues seront multipliées par l/n et la résistance est multipliée $1/m$. Pour que le danger de rupture soit k fois plus grand dans le modèle que dans l'ouvrage, c'est-à-dire que le coefficient de sécurité de l'ouvrage soit k, il faut $l/n = k/m$.

Nous estimons que les types nouveaux mis au point à la suite des études qui vont être entreprises permettront de réaliser par rapport aux types actuels une économie qu'on peut évaluer, pour les barrages à mettre en chantier dans les deux années prochaines, à cent millions.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'un* dôme de sel *dans le bassin potassique oligocène du Haut-Rhin.* Note de M. G. Friedel.

L'existence des *dômes de sel* est connue depuis longtemps, et la généralité de ce singulier type de structure a été mise en évidence dès 1911 par R. Lachmann. Mais l'extrême fréquence du phénomène s'est révélée de plus en plus dans ces dernières années, en partie grâce à l'emploi des méthodes physiques d'exploration du sous-sol.

On peut considérer comme établi que le dôme de sel, même lorsqu'il est circulaire, vertical et en apparence isolé dans un pays non plissé, n'est qu'un soulèvement local d'une couche de sel sédimentaire originellement horizontale. Sa formation est due, d'une part à la plasticité spéciale du sel, d'autre part à la densité de ce minéral, notablement inférieure à celle des roches qui l'accompagnent. Lorsque, pour une raison quelconque (pli tec-

tonique, faille, effet de la dissolution, etc.), la surface supérieure du sel, dans une zone A, se trouve surélevée par rapport à la zone B qui l'entoure, la pression exercée par les terrains du toit sur le sel en B l'emporte, en raison de la différence des densités, sur celle qui règne au même niveau dans le sel en A. Si la pression dépasse la limite au delà de laquelle le sel se comporte comme matière très lentement déformable, le sel s'écoule lentement de B vers A et tend à s'élever en A jusqu'à la surface du sol, en soulevant ou en perçant les terrains superposés. La couche mère restée en profondeur tout autour du dôme, en B, s'amincit, tandis qu'il s'accumule dans le dôme A une quantité de sel bien supérieure à celle qui, avant la surrection du dôme, occupait la même étendue horizontale. On conçoit ainsi que les conditions principales de la formation d'un dôme soient : 1° la présence d'une formation de sel assez puissante et assez pure pour que le facteur densité puisse agir; 2° son enfouissement sous une épaisseur de sédiments (quelque 1000 à 1100^m au moins de marnes, grès, etc.) suffisante pour que le facteur plasticité puisse entrer en jeu; 3° enfin la présence d'amorces locales de dômes, sous forme de dénivellations pouvant être très modérées et dues à des causes diverses.

On ne connaissait jusqu'à présent aucun *dôme de sel* dans le bassin salifère oligocène du Haut-Rhin. On sait que les couches de sel potassique s'y trouvent intercalées dans une formation de sel gemme puissante (700^m et plus), mais dans laquelle la proportion de marnes dépasse habituellement 50 pour 100.

Il faut distinguer dans le bassin deux zones, de régimes très différents :

1° *Zone des exploitations.* — Elle occupe toute la largeur du bassin oligocène dans la région sud et jusqu'au parallèle passant à quelque 1500^m au sud d'Ensisheim. A partir de là, elle forme deux bandes intercalées entre la zone suivante et les grandes failles qui longent le pied des Vosges et de la Forêt Noire, d'une part à l'ouest de Munwiller, d'autre part à l'est de Roggenhausen. Dans cette zone, où sont toutes les exploitations actuelles de potasse, il n'y a point de dômes. Les amorces de dômes n'y manqueraient pas, soit sous forme de plis post oligocènes, soit sous forme de dénivellations bien plus importantes et plus brusques dues à la dissolution (dont les effets seront décrits ailleurs). Mais le sel est mêlé de beaucoup de marnes, et surtout sa profondeur est insuffisante pour que des dômes puissent se former. Le toit du sel, très bosselé, oscille entre 200^m et 600 à 800^m de profondeur, et se tient en moyenne à 300 ou 400^m du sol.

2° *Zone du bas-fond.* — J'appelle ainsi la zone très fortement effondrée

par rapport à la précédente et qui, au delà des limites ci-dessus esquissées, occupe la partie centrale du fossé rhénan. Des sondages anciens avaient fait reconnaître l'effondrement (Förster); les recherches récentes en ont précisé l'amplitude et ont fait mieux comprendre l'allure de cette zone, tout autre que celle de la zone des exploitations. La dissolution du sel, qui joue un rôle capital dans la zone des exploitations, est ici nulle. La surface supérieure du sel s'élève stratigraphiquement jusqu'au sommet du Sannoisien et vient au contact des marnes à foraminifères de la base du Stampien. Malgré ce niveau stratigraphique élevé, dû à l'absence de dissolution, la surface du sel se tient au voisinage de 1000 à 1100^m de profondeur au moins, soit à quelque 700^m plus bas que dans la zone précédente. Les strates paraissent être sensiblement horizontales.

C'est dans cette zone que la combinaison des résultats de sondages avec ceux d'une exploration électrique effectuée par MM. Schlumberger m'a permis de reconnaître l'existence du dôme de sel de Meienheim. Sa forme est allongée Nord-18°-Est, parallèlement au bord de l'effondrement rhénan. Dans la section horizontale à la cote zéro, il a une largeur maxima de quelque 1200^m et une longueur de 8000^m. L'axe suit la rive droite de l'Ill, en aval d'Ensisheim, et passe un peu à l'est de Regisheim, de Meienheim, enfin de Oberentzen où le dôme se termine. La surface du sel, qui dans le bas-fond avoisinant se tient vers 1100^m de profondeur, s'élève dans le dôme jusqu'à 180 et 150^m du sol. L'équilibre s'établit vers cette profondeur entre l'ascension du dôme, très probablement encore active aujourd'hui, et la dissolution par les eaux issues des alluvions, dont l'épaisseur est grande (80, 100^m et plus). La saillie du dôme au-dessus de la couche horizontale d'où il est issu est ainsi de 900 à 950^m. A la surface, rien ne marque l'existence de cette énorme surrection du sel. Mais la diminution locale de la résistivité électrique, d'abord interprétée comme diminution de l'épaisseur des alluvions, est due certainement à la salure des eaux contenues dans ces alluvions et démontre la continuation actuelle du phénomène de dissolution. L'accord complet entre les résultats de l'exploration électrique, ainsi interprétés, et ceux des sondages met hors de doute l'existence du dôme et les données ci-dessus relatives à sa forme générale.

Il est intéressant de constater ici l'existence simultanée d'un dôme de sel et de la formation horizontale, sédimentaire et d'âge bien défini, qui lui donne naissance. Les cas où de telles constatations sont incontestables ne sont pas fréquents, et peuvent servir à éliminer bien des théories inutiles.

D'après une communication personnelle de M. C. Schlumberger, un

second dôme a été découvert par l'exploration électrique, au nord du premier et sur le même alignement. Il est bien probable qu'il en existe d'autres.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle contribution à la connaissance de la conjonctivite granuleuse naturelle du lapin.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **U. Lumbroso.**

Nous apportons à la connaissance de la conjonctivite granuleuse naturelle du lapin quelques nouveaux faits expérimentaux.

1. *Sensibilité du magot au virus naturel du lapin.* — Les recherches antérieures de l'Institut Pasteur de Tunis ont montré que le magot d'Algérie (*Macacus innuus*) était l'animal réactif du trachome humain. Chez lui, seul des petits singes, les lésions inoculées ont la courte incubation, le siège électif et l'évolution de la maladie naturelle de l'homme.

Or, si nous étions parvenus à reproduire la conjonctivite granuleuse du lapin, chez des petits singes d'espèces diverses, sous forme d'une conjonctivite différant du trachome humain par une incubation généralement longue et une localisation primitive et principale des lésions à la paupière inférieure, nous n'avions pu étudier la sensibilité du magot, faute de magots.

Une première expérience vient de nous montrer que le magot réagit, vis-à-vis du virus naturel du lapin, de la même façon que les autres petits singes et non comme il le fait vis-à-vis du virus trachomateux humain : Incubation de onze semaines, début des granulations par la paupière inférieure d'où elles s'étendent, six semaines plus tard, à la paupière supérieure.

L'observation sera suivie et d'autres ont été commencées.

2. *Sensibilité de l'homme.* — Il était intéressant de chercher comment l'homme, si sensible au virus trachomateux, se comporterait vis-à-vis du virus voisin du lapin. Une telle expérimentation se heurte à de grandes difficultés. La gravité du trachome faisait suspecter une gravité sensiblement égale de la conjonctivite animale. L'expérimentation se trouvait donc réduite aux aveugles. Or la fréquence du trachome naturel est telle, dans l'Afrique Mineure, que les individus atteints de cécité, quelle que soit la cause de leur infirmité, ont rarement les conjonctivites indemnes de granulations naturelles.

Sur les trois sujets auxquels nous nous sommes adressés, un seul en était

absolument épargné. Nous l'avons réservé pour la dernière de nos expériences qui prouve à la fois la sensibilité de l'homme à la maladie naturelle du lapin et la filtrabilité du virus.

Deux aveugles, suspects d'avoir présenté antérieurement des lésions conjonctivales, sont inoculés aux deux paupières d'un seul œil avec le virus de lapin. Sur tous deux, on note une longue incubation (90 et 63 jours), le début par la paupière inférieure et un même aspect des lésions à la période d'état sous forme d'un placard occupant la partie médiane de la conjonctive, surélevé, constitué par de grosses granulations confluentes. Chez le plus anciennement inoculé, il y a eu extension secondaire à la paupière supérieure.

Les résultats sont, en somme, les mêmes chez l'homme que chez le magot.

3. *Filtrabilité du virus de la conjonctive granuleuse naturelle du lapin.* — De même que le virus trachomateux humain, le virus granuleux du lapin traverse les bougies filtrantes.

Aveugle par suite d'atrophie des nerfs optiques conjonctives parfaitement indemnes. On filtre sur bougie Chamberland L 2 le produit de curetage des conjonctives de huit lapins, atteints de la forme subaiguë de la maladie. La filtration est faite sous faible pression et demande 20 minutes. Test : eau d'un aquarium. L'inoculation est pratiquée aux deux paupières d'un seul œil.

L'incubation a été de douze semaines au bout desquelles les granulations ont paru à la paupière inférieure du côté inoculé, pour s'étendre, six semaines plus tard, à la paupière inférieure de l'autre œil sans que les paupières supérieures soient encore atteintes.

4. On peut conclure de ces expériences : 1° que, chez l'homme, chez le magot comme chez les autres petits singes, le virus du lapin détermine une conjonctivite granuleuse qui diffère du trachome par sa longue incubation et sa localisation primitive et principale à la paupière inférieure; 2° que ce virus, comme celui du trachome humain, traverse les bougies filtrantes.

5. On doit suspecter comme étant d'origine non humaine les conjonctivites granuleuses de l'homme qui ont leur localisation primitive et principale aux paupières inférieures.

M. **E.-L. Bouvier** fait hommage à l'Académie des *Recherches sur la tératologie des insectes*, ouvrage de M. **P. Cappe de Baillon**, dont il a écrit la *Préface*.

MM. **Tullio Levi-Civita** et **Ugo Amaldi** font hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Lezioni di Meccanica razionale*. Volume secondo. *Dinamica dei sistemi con un numero finito di gradi di libertà*. Parte seconda.

Sir **Almroth E. Wright** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *A Further Contribution to the Study of the Phenomena of Intertraction*.

PLIS CACHETÉS.

PHYSIOLOGIE. — *Origine et évolution du cancer.* Extrait littéral d'une Note (¹) de M. **Jules Amar**.

L'objet de ce travail est de démontrer que le *cancer* est une maladie parasitaire.

1° *Idée initiale de ce travail.* — A la vérité, je m'étais occupé déjà, en 1909 et 1910, d'une question préliminaire à celle du cancer. Il s'agissait d'étudier les causes de la *prolifération cellulaire*, et les facteurs susceptibles de l'accélérer ou de la troubler. Dans une Note, insérée aux *Comptes rendus* (11 mars 1918), j'ai montré que la *nutrition* est le facteur fondamental d'une saine croissance des cellules. Tout affaiblissement de cette nutrition retarde ou trouble leur évolution normale.

La vitesse de croissance est plus grande et plus sujette à variations dans les tissus épithéliaux de revêtement.

Il fallait donc s'attendre à ce que toute *dépression du système nerveux*, due à un excès de fatigue, aux émotions fortes et pénibles, à l'absorption de toxiques, de spiritueux, ou aux toxines alimentaires, retentît de préférence sur lesdits tissus, et y créât des surfaces de moindre résistance physiologique. Ainsi fait également toute *action mécanique*, tels que compression ou frottement, en anémiant une portion de la peau.

Nous avons vu, d'autre part (*Les lois scientifiques de l'éducation respiratoire*; Paris 1920), une série de phénomènes à effets désoxydants, asphyxiants, par exemple sous l'influence du *gaz carbonique* d'un anesthé-

(¹) Note retirée le 28 mars 1927, du pli cacheté déposé par l'auteur le 5 février 1923, sous le n° 9099.

sique, d'un venin, et contre lesquels les cellules se défendent par un appel plus vif à l'oxygène extérieur. C'est là l'expression de notre *loi de vivi-réaction*. Or, oxydation et nutrition sont tellement liées que l'affaiblissement de l'une entraîne celui de l'autre.

2° *Mécanisme de défense et prolifération des cellules.* — En approfondissant le mécanisme de la vivi-réaction, on constate deux faits essentiels :

a. L'activité physiologique de la cellule exige une quantité d'oxygène absolument déterminée; il n'en faut ni plus ni moins, car dans le premier cas elle néglige le superflu, et dans le second elle s'intoxique....

b. L'aspect de la cellule en déficit d'oxygène est particulièrement remarquable au point de vue de la prolifération.

On observe en effet que *le noyau cellulaire accroît sa surface*, se déroule, se brise en fragments, lorsque les oxydations se restreignent. Et la multiplication de ces morceaux est l'occasion d'une multiplication des cellules.

Toutefois, il est aisé de reconnaître, à ces éléments histologiques nouveaux et hâtifs, les traits de la « misère physiologique ».

Ainsi, j'isole un infusoire dans une petite chambre de Ranvier; et, après plusieurs bipartitions, j'arrête l'arrivée de l'air pur. Aussitôt, les infusoires naissants changent d'aspect : formes plus petites, noyaux réduits et incohérents.

Isolant à son tour un de ces êtres déprimés, et l'alimentant convenablement, il reprend le type primitif d'autant plus vite que l'asphyxie aura été moins durable, et qu'il s'agit de la bipartition d'infusoires plus jeunes.

Il est permis de conclure que toute gêne, locale ou générale, des oxydations détermine une mauvaise prolifération des cellules. Et si la cause est permanente ou puissante, si un poison organique, un venin, se sont fixés sur le noyau, on assiste à une véritable anarchie histologique; la croissance s'effectue par des éléments sans valeur, sortes d'assignats du budget de l'organisme. Cela est surtout manifeste dans le cas d'un infusoire, d'une cellule âgée.

La vivi-réaction défensive s'efforce à délayer, disperser le mal, en multipliant les cellules, les échanges nutritifs; elle ne peut empêcher, cependant, les noyaux dérivés de contenir encore l'agent antioxydant, lequel s'opposera à ce travail nutritif, à moins qu'il ne soit aidé par la jeunesse et vigueur de l'organisme, ou par une thérapeutique appropriée. D'où cette double conclusion :

La cause probable des néoplasmes cancéreux est une toxine introduite dans le noyau cellulaire.

Le cancer a son terrain d'élection dans les tissus mal oxygénés ou débilités (vieillesse, maladies).

3° *Preuves de l'origine parasitaire du cancer.* — Mais d'où vient le poison? Est-il d'origine externe ou interne? Comment agit-il?...

Il nous a paru, néanmoins, que certains *microorganismes* sont la cause initiale du cancer. Nous avons vu s'infecter des cultures d'infusoires par l'apport de champignons à l'état de spores, ou de bactériacées du genre *Amylobacter*; alors les infusoires naissants présentent l'aspect pathologique que nous venons de décrire.

Bien mieux, si l'on introduit dans la culture un peu de tissu de porc malade de *trichinose*, les bipartitions sont du même type néoplasique, à noyaux raréfiés, à protoplasma pauvre. Un excès de ces agents cancérogènes tue la culture, et arrête la prolifération....

On voit nettement que leurs effets sont conformes aux constatations ci-dessus. Par l'introduction de toxines, ils abaissent les oxydations nucléaires et déclenchent l'hypertrophie et l'hyperplasie défensives; ils affaiblissent la nutrition et l'élaboration *azotée* de la cellule. Aussi la cellule cancéreuse est-elle moins riche en azote, moins active, moins vivante....

J'évaluai les échanges respiratoires de cancéreux à des degrés plus ou moins avancés de la maladie. Chez tous, il y avait un énorme *ralentissement des oxydations*. En rapportant au kilogramme de poids du corps, la diminution atteignait 25 et parfois 40 pour 100.

Ainsi nous estimons que *l'origine du néoplasme est une irritation parasitaire diffusant un venin, à la suite de quoi le noyau des cellules atteintes déchaîne la prolifération qui formera la tumeur.*

. . . .

CORRESPONDANCE.

M. **H. Pottevin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Division des Académiciens libres par le décès de M. *Haton de la Goupillière*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Lucien Godeaux. *Les transformations birationnelles du plan*. Fascicule XXII du *Mémorial des Sciences mathématiques*.

2° *Faune de France*. 15. *Diptères* (*Nématocères*) Chironomidae Tanypodinae, par M. GOETGHEBUER (Gand). (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° G. DE LORENZO e G. D'ERASMO. *L'*Elephas antiquus *nell' Italia meridionale*.

ANALYSE. — *Sur la topologie des groupes continus simples réels.* Note (¹) de M. **E. CARTAN.**

A tout groupe continu G correspond un groupe *abstrait* $\overline{G}$ dont le domaine est simplement connexe ; ce groupe abstrait est univoquement déterminé par la structure infinitésimale de G. Le groupe $\overline{G}|G$, qui peut être regardé comme engendré par les opérations de $\overline{G}$ qui correspondent à la transformation identique de G, pourrait être appelé le *groupe de connexion* de G ; il n'est naturellement pas continu.

Si G est un groupe simple, à paramètres réels, unitaire (c'est-à-dire tel que la somme des carrés des racines caractéristiques de la transformation infinitésimale générale de G soit une forme quadratique définie négative), H. Weyl a démontré (²) que le groupe de connexion de G est formé d'un nombre *fini* d'opérations, et l'on peut montrer de plus (³) que le groupe abstrait $\overline{G}$ peut être réalisé au moyen d'un groupe *linéaire* convenablement choisi.

Si G est un groupe simple réel non unitaire, comme par exemple le groupe homographique de l variables réelles, la méthode de H. Weyl ne peut plus s'appliquer. Il est remarquable qu'on puisse néanmoins arriver à la détermination complète du groupe de connexion, en s'aidant de certains espaces de Riemann à courbure riemannienne négative attachés aux différentes structures simples réelles non unitaires (⁴). Il existe en effet un espace de

(¹) Séance du 20 avril 1927.

(²) Voir H. WEYL, *Theorie der Darstellung kontinuierlicher halb-einfacher Gruppen durch lineare Transformationen* (*Math. Zeitsch.*, **23**, 1925, p. 271-309; **24**, 1925, p. 328-395).

(³) Voir E. CARTAN, *Sur les géodésiques des espaces de groupes simples* [*Comptes rendus*, **184**, 1927, note (²) de la page 862].

(⁴) Voir E. CARTAN, *Sur les espaces de Riemann dans lesquels le transport par parallélisme conserve la courbure* (*Rend. Acc. Lincei*, 3ᵉ série, 6¹, 1926, p. 544-547). La détermination de tous les types de groupes simples réels est faite dans mon Mémoire : *Les groupes réels simples finis et continus* (*Ann. Éc. Norm.*, 3ᵉ série, **31**, 1914, p. 263-355).

Riemann $\mathcal{E}$ admettant pour plus grand groupe de déplacements rigides le groupe G, ou plutôt un groupe isomorphe holoédrique du groupe adjoint Γ de G. Cet espace est *simplement connexe*, et par deux de ses points il passe une géodésique et une seule. Si l'on fixe dans cet espace un point origine O, tout déplacement peut être décomposé d'une manière et d'une seule en une rotation autour de O et une *transvection*, c'est-à-dire un déplacement dans lequel on fait décrire au point O un arc de géodésique OA, les vecteurs attachés à O se transportant parallèlement à eux-mêmes (¹).

Il résulte de là qu'à tout contour fermé dans le domaine de Γ peuvent être associés, d'une manière et d'une seule, un contour fermé dans le domaine du groupe g des rotations (groupe d'isotropie) et un contour fermé dans l'espace simplement connexe $\mathcal{E}$. Par suite, le groupe de connexion de Γ est identique à celui du groupe d'isotropie g. Or ce dernier est un groupe linéaire simple *unitaire*, ou se décompose en deux groupes simples unitaires; mais il peut contenir en outre un sous-groupe invariant à un paramètre isomorphe au groupe des rotations du plan. Le groupe de connexion de ce dernier groupe est évidemment un groupe cyclique d'ordre *infini*, formé des puissances à exposant entier quelconque, positif, nul ou négatif, de l'opération génératrice.

Par suite *le groupe de connexion de tout groupe simple réel non unitaire, ou bien est fini, ou bien se décompose en un groupe fini et un groupe cyclique d'ordre infini.*

On peut démontrer en outre facilement qu'*il existe toujours un champ numérique dans lequel peut être représenté le groupe abstrait* $\overline{G}$; mais, même si le groupe de connexion est fini, on ne pourra pas toujours obtenir une représentation effective de $\overline{G}$ par un groupe linéaire.

Parmi les grandes classes de groupes simples à paramètres réels, ceux dont le groupe de connexion est d'ordre infini sont :

1° le groupe homographique d'*une* variable réelle ;

2° le groupe linéaire d'une forme d'Hermite indéfinie ;

3° le groupe linéaire d'une forme quadratique réelle indéfinie à $p \geq 2$ carrés positifs et *deux* carrés négatifs ;

4° le groupe linéaire laissant invariantes la forme quadratique

$$x_1x_2 + x_3x_4 + \ldots + x_{2l-1}x_{2l}$$

(¹) Les rotations et transvections peuvent toujours être engendrées par des rotations et des transvections *infinitésimales;* mais il peut très bien arriver que toute une partie des déplacements de l'espace n'admette pas de déplacements infinitésimaux générateurs : c'était justement là la raison d'une des difficultés du problème.

et la forme d'Hermite

$$x_1\bar{x}_1 - x_2\bar{x}_2 + \ldots + x_{2l-1}\bar{x}_{2l-1} - x_{2l}\bar{x}_{2l};$$

5° le groupe d'un complexe linéaire réel dans un espace à un nombre impair de dimensions.

Le groupe

$$\operatorname{tang} x' = \frac{a \operatorname{tang} x + b}{a' \operatorname{tang} x + b'} \qquad (ab' - ba' > 0)$$

fournit un représentant simplement connexe du groupe abstrait $\overline{G}$ isomorphe du groupe homographique G d'une variable réelle : ses opérations sont régulières et uniformes dans tout le champ d'existence (de $-\infty$ à $+\infty$) de la variable réelle x. Le groupe de connexion $\overline{G} \mid G$ du groupe G est ici

$$x' = x + n\pi \qquad (n \text{ entier}).$$

La méthode précédente peut s'appliquer aux groupes simples à paramètres *complexes* (¹); mais ici le résultat est très simple : le groupe de connexion est le même que pour le groupe réel unitaire correspondant, et il existe toujours un représentant simplement connexe *linéaire* de toute structure simple complexe.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème sur les séries de Dirichlet.* Note (²) de M. **D. V. Widder**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons deux séries de Dirichlet

(1) $$f(s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s},$$

(2) $$\varphi(s) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n e^{-l_n s},$$

la première convergente pour $\sigma > \sigma_1$ et la seconde absolument convergente pour $\sigma > \sigma_2 (s = \sigma + it)$. Soient α les points singuliers de $f(s)$ et β ceux

(¹) Elle s'applique aussi au groupe des déplacements euclidiens; le groupe de connexion est cyclique d'ordre infini dans le cas du plan, cyclique d'ordre 2 dans les autres cas.

(²) Séance du 11 avril 1927.

de $\varphi(s)$. Pour le cas particulier où $\lambda_n = l_n = n$ on connaît le théorème classique de M. Hadamard, à savoir que la fonction définie par la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n b_n e^{-ns}$$

a comme seules singularités les points ν tels que $\nu = \alpha + \beta$. Comme M. Soula a eu l'occasion de le montrer, ce théorème n'est plus vrai dans le cas ou λ_n et l_n sont arbitraires.

M. Mandelbrojt m'a donné l'idée de généraliser le théorème de M. Hadamard pour les séries de Dirichlet d'une manière différente en appliquant une intégrale analogue aux intégrales de Parseval et dell' Agnola.

Nous supposerons que les points α, β, et $\nu = \alpha + \beta$ sont isolés et qu'il existe un nombre $r > 0$ tel que l'on ait

$$\begin{matrix} |\alpha'_k - \alpha'_l| > r \\ |\alpha''_k - \alpha''_l| > r \end{matrix} \quad \text{si} \quad \begin{matrix} \alpha'_k \neq \alpha'_l \\ \alpha'_k \neq \alpha''_l \end{matrix}; \qquad \begin{matrix} |\beta_k - \beta_l| > r \\ |\nu_k - \nu_l| > r \end{matrix},$$

où $\alpha_k = \alpha'_k + i\alpha''_k$, et $\beta_k = \beta'_k + i\beta''_k$.

Nous pouvons alors énoncer le théorème suivant :

Si

$$f(s) = O(|t|^{\mu})$$

uniformément pour $\sigma \geqq \pi_1$ *et* $|s - \alpha_k| > \eta$, *et si*

$$\varphi(s) = O(|t|^{\nu})$$

uniformément pour $\sigma \geqq \pi_2$ *et* $|s - \beta_k| > \eta$, *alors la fonction définie par la série*

$$(3) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} b_n e^{-l_n s} \sum_{\lambda_m < l_n} a_m (l_n - \lambda_m)^{\rho}, \qquad \rho > \mu + \nu$$

n'a, comme singularités dont la partie réelle soit plus grande que les deux quantités $\pi_1 + k_2$, et $\pi_2 + k_1$, *que les points* ν *et* β. *Les quantités* k_1 *et* k_2 *sont définies par les inégalités* $\alpha'_k \leqq k_1$, $\beta'_k \leqq k_2$ (¹).

Ce théorème est une généralisation naturelle du théorème de M. Hadamard énoncé de la manière suivante :

A. $\sum_{n=1}^{\infty} b_n s_n e^{-ns}$ n'a comme singularités que les points $\nu = \alpha + \beta$ et β

(¹) Si la fonction définie par la série (3) n'est pas uniforme, le théorème s'applique pour la branche définie par le prolongement immédiat de (3).

si $\sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-ns}$ a les singularités α et $\sum_{n=1}^{\infty} b_n e^{-ns}$ a les singularités β, en posant $s_n = \sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu \left(\text{car } \Sigma s_n x^n = \frac{1}{1-x} \Sigma a_n x^n\right)$,

L'intégrale sur laquelle on se base pour la démonstration de notre théorème est la suivante :

$$\frac{1}{2\pi i} \int_C f(s)\,\varphi(z-s)\,\frac{ds}{s^{\rho+1}},$$

où C désigne une courbe formée d'une droite $\sigma = \sigma'$ ne passant par aucun α et des lacets enlevant les α. Sous ces conditions cette intégrale représente une fonction holomorphe de la variable z dans la partie du plan précisée dans l'énoncé.

Pour z de partie réelle est assez grande, la même intégrale peut être mise sous la forme (3) (à un facteur constant près que nous pouvons négliger), en appliquant une formule connue de M. Hadamard fournissant l'expression $\sum_{\lambda_m < l_n} a_m (l_n - \lambda_m)^\rho$.

Si en particulier $f(s)$ et $\varphi(s)$ sont des séries de Taylor, on a $\pi_1 = \pi_2 = -\infty$, et notre théorème a une forme tout à fait analogue au théorème de M. Hadamard sous la forme (A). Les hypothèses de notre théorème sont évidemment compatibles même si aucune des séries (1) et (2) n'est une série de Taylor, ce que l'on voit en considérant la fonction $\zeta(s)$ de Riemann.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes sur les séries de Taylor ayant des lacunes généralisées.* Note [1] de M. J. J. **Gergen**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. Mandelbrojt a défini les lacunes généralisées de la manière suivante : $g(z)$ étant une fonction entière, si la série $\sum_0^\infty g(a_n) x^n$ de rayon de convergence $R \neq \infty$ est telle que l'on a $\overline{\lim_{m=\infty}} \sqrt[\lambda_m]{|g(a_{\lambda_m})|} < \frac{1}{R}$, la série $\sum_0^\infty a_n x^n$ est

(1) Séance du 11 avril 1927.

dite ayant des lacunes d'indice $\lambda'_m (m = 1, 2, \ldots)$ par rapport à la fonction $g(z)$ [1].

Il est évident qu'il convient de choisir pour $g(z)$ des fonctions entières particulières.

M. Mandelbrojt a donné des renseignements sur les singularités des séries ayant des lacunes généralisées [1].

Nous allons démontrer quelques théorèmes qui vont indiquer le genre des renseignements que de telles lacunes peuvent fournir; nous verrons en outre quelle est la relation formelle entre les lacunes généralisées et celles qui existent au sens ordinaire de ce mot.

Si β est le seul point singulier d'une fonction uniforme $f(x)$, nous dirons que ce point est d'ordre exponentiel non supérieur à $q \geqq 0$ si la fonction, entière en x, $f\left(\frac{x^{\beta+1}}{x}\right)$ croît moins vite que $e^{\rho^{q+\varepsilon}}$ où $|x| = \rho$; de même, nous dirons que β est d'ordre exponentiel non supérieur à q pour la fonction $F(x) = f(x) + \varphi(x)$ s'il l'est pour $f(x)$, $\varphi(x)$ étant holomorphe en β.

Démontrons d'abord le théorème préliminaire suivant :

I. *Soit* $f(x) = \sum_0^\infty a_n x^n$ *une fonction uniforme ayant comme seules singularités possibles les racines d'ordre p de l'unité. Supposons qu'aucun de ces points ne soit d'ordre supérieur à* q. *Soit d'autre part* $g(z) = \sum_{m=1}^\infty \alpha_m z^m$ *une fonction entière telle que l'on ait*

$$\lim \sqrt[m]{|\alpha_m|} = o\left(e^{-2^{(8+1)m}}\right), \tag{1}$$

alors la fonction $G(x) = \sum_0^\infty g(a_n) x^n$ *a comme seules singularités possibles les* $p^{\text{ièmes}}$ *racines de l'unité. Le résultat subsiste si le point à l'infini pour* $f(x)$ *est aussi un point singulier d'ordre exponentiel non supérieur à* q, *le point à l'infini pouvant alors devenir singulier pour* $G(x)$ [2].

---

[1] MANDELBROJT, *Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes généralisées* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 53, 1925, p. 231).

[2] Voir des théorèmes semblables : HADAMARD et MANDELBROJT, *La série de Taylor et son prolongement analytique*, 1, p. 48 (*Scientia*, Gauthier-Villars), spécialement les recherches de M. LEAU, *Comptes rendus des séances de la Société math. de France*, 1898, p. 267, et *Journal de Liouville*, 5e série, 5, 1899, p. 365, où des théorèmes semblables sont démontrés dans le cas où les singularités β sont telles que l'on ait

Comme dans les théorèmes de MM. Leau et Soula, nous nous appuyons sur le théorème de M. Hadamard sur la multiplication des singularités.

M. Mandelbrojt [1] a donné un théorème récemment généralisé par M. Pòlya [2] qui justifie la définition suivante : La suite $\{\lambda_n\}$ est dite fondamentale s'il existe une série $\Sigma B_{\lambda_n} x^{\lambda_n}$ ayant sur son cercle de convergence un point algébrico-logarithmique ou un point singulier isolé autour duquel la fonction reste uniforme (dans ce cas, d'après le théorème de Mandelbrojt-Pòlya, toute série $\Sigma b_{\lambda_n} x^{\lambda_n}$ a au moins deux points singuliers sur son cercle de convergence).

Nous désignerons par E_q un ensemble (fini ou infini) tel qu'il existe une fonction $g(z)$ vérifiant (1) et dont les zéros sont tous les points de l'ensemble E_q.

Nous pouvons alors énoncer le théorème suivant, en nous basant sur le théorème I et sur le théorème de MM. Mandelbrojt-Pòlya.

II. *Soit $f(x) = \Sigma a_n x^n$ de rayon de convergence égal à un et dont le point un est un point singulier. Supposons que la suite des coefficients $\{a_{\lambda_n}\}$, où $\{\lambda'_n\}$ est fondamentale, ne prend que des valeurs contenues dans un E_q et qu'il existe un entier $m > 0$ telle que $g(a_m) \neq 0$. Alors $f(x)$ a au moins deux points singuliers dans le plan ou si elle n'en a qu'un seul, il est d'ordre exponentiel supérieur à q.*

Ceci revient à dire qu'on peut tirer la conclusion du théorème si $\Sigma a_n x^n$ a des lacunes généralisées par rapport à la fonction $g(z)$ vérifiant (1) et ayant E_q comme ensemble de zéros.

Enfin nous démontrons le théorème suivant :

III. *Si $f(x) = \Sigma a_n x^n$, de rayon de convergence égal à un et à coefficients entiers, est telle qu'il existe une suite $\{\lambda_n\}$ pour laquelle*

$$\lim(\lambda_{n+1} - \lambda_n) = \infty,$$

a_{λ_n} ne prenant qu'un ensemble fini de valeurs [3], *si d'autre part les coefficients*

$\lim_{x \to r} (x - \beta)^m f(x) = 0$. Chez cet auteur, dans le cas où il se place, la condition (1) est remplacée par une autre beaucoup moins restrictive. Voir aussi le Mémoire de M. Soula, *Journal de Liouville*, 8e série, 5, 1921, p. 97.

(1) Voir *loc. cit., La série de Taylor et son prolongement analytique*, 1, p. 99 (*Scientia*, Gauthier-Villars).

(2) Voir Pòlya, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 502.

(3) La condition que les a_{λ_n} ne prennent qu'un nombre fini de valeurs n'est pas essentielle : le théorème reste vrai lorsqu'on remplace cette condition par la condition plus générale $\overline{\lim} \sqrt[\lambda_n]{|g(a_{\lambda_n})|} > 0$.

$a_{\lambda'_n}$ *(où* $\{\lambda'_n\}$ *est la suite complémentaire à* $\{\lambda_n\}$ *ne prennent que des valeurs d'un ensemble* E_q, *et si enfin* $g(a_{\lambda_n}) \neq 0$, *alors le cercle de convergence de* $f(x)$ *est une coupure pour cette fonction* [$g(z)$ a la même signification qu'avant].

Nous démontrons ce théorème en nous basant sur le théorème classique de MM. Hadamard-Fabry et sur un théorème de M. Carlson. Il peut être classé dans l'ordre d'idées d'un théorème de M. Mandelbrojt d'une part et des théorèmes de MM. Szegö et Fekete d'autre part, tous ces théorèmes étant relatifs aux séries à coefficients entiers, ou « presque tous » entiers (chez M. Fekete).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les surfaces d'équilibre relatif d'une masse liquide de révolution à tension superficielle, en rotation uniforme.* Note [1] de M. **André Charrueau**, présentée par M. d'Ocagne.

1. Il s'agit d'une masse liquide de révolution, soumise à la seule tension superficielle, en rotation uniforme autour de son axe de révolution, sans axe matériel de rotation. Nous ne considérons que les surfaces d'équilibre d'un seul tenant et ayant des points sur l'axe de révolution. Le résumé qui suit complète un Mémoire [2] et une Note [3] antérieurs; le numérotage des formules fait suite à celui de ce Mémoire et de cette Note, dont nous conservons les notations. Rappelons que nous avons posé $K^2 = k^2 a^3$; a est le rayon équatorial; k^2 est égal à $\frac{\omega^2 \delta}{8f}$, où ω, δ, f sont la vitesse angulaire, la densité et la valeur de la tension superficielle. Nous désignons par x et y les coordonnées d'un point du méridien, par rapport à ses axes de symétrie, l'axe des y étant l'axe de révolution. Enfin, $\frac{4}{3}\pi R^3$ étant le volume de la masse liquide, nous posons $\mathcal{K}^2 = k^2 R^3$.

Si $u = \frac{K\sqrt{1-\frac{x^2}{a^2}}}{\sqrt[4]{1+2K^2}}$, la formule (10) du Mémoire [2] conduit, pour $K \neq 0$, à

$$\frac{y}{a} = \frac{1}{K\sqrt[4]{1+2K^2}} \int_0^u \frac{1-u^2\sqrt{1+2K^2}}{\sqrt{1-2\alpha u^2+u^4}}\,du, \tag{61}$$

avec $\alpha = \frac{2+K^2}{2\sqrt{1+2K^2}}$, quantité inférieure à 1, puisque $0 < K^2 < 2,32\ldots < 4$

(1) Séance du 11 avril 1927.

(2) Charrueau, *Étude d'une masse liquide de révolution* ... (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*, **43**, 1926, p. 129 à 176).

(3) Charrueau, *Sur quelques propriétés géométriques des surfaces d'équilibre* (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1601 à 1603).

(voir Mémoire, p. 149). On en tire :

$$\frac{y}{\sqrt{a^2-x^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+2K^2}}\left[1+\frac{u^2}{3}(P_1-\sqrt{1+2K^2})+\ldots + \frac{u^{2n}}{2n+1}(P_n-P_{n-1}\sqrt{1+2K^2})+\ldots\right], \tag{62}$$

valable pour $u<1$, c'est-à-dire pour tous les points de toutes les figures que nous étudions, puisque $K^2<2,32\ldots$ et $u \leqq \frac{K}{\sqrt[4]{1+2K^2}}$; P_n est le $n^{\text{ième}}$ polynome de Legendre relatif à α. Pour avoir une limite de l'erreur commise en s'arrêtant à un terme quelconque, on tiendra compte de ce que

$$|P_n - P_{n-1}\sqrt{1+2K^2}| \leqq K,$$

quel que soit n. Un calcul analogue à celui qui précède, mais plus simple, permet de développer l'intégrale elliptique de première espèce de Legendre, d'amplitude φ, en une série entière en $\tan g\frac{\varphi}{2}$.

La série (62) peut encore prendre les formes suivantes :

$$\frac{y\sqrt{1+2K^2}}{\sqrt{a^2-x^2}} = 1 + A_1\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)+\ldots+A_n\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)^n+\ldots, \tag{63}$$

$$\frac{y}{a}\sqrt{1+2K^2} = \sin\zeta + A_1\sin^3\zeta+\ldots+A_n\sin^{2n+1}\zeta+\ldots, \tag{64}$$

dans lesquelles

$$A_n = \frac{K^{2n}}{2n+1}\,\frac{P_n - P_{n-1}(1+2K^2)^{\frac{1}{2}}}{(1+2K^2)^{\frac{n}{2}}}; \tag{65}$$

ζ est un angle, analogue à l'anomalie excentrique de l'ellipse, déterminé par $\frac{x}{a}=\cos\zeta$.

On démontre de même que la zone de la surface, comprise entre l'équateur et le parallèle de rayon $x=a\cos\zeta$, a une aire égale à

$$\frac{2\pi a^2}{\sqrt{1+2K^2}}\left(\sin\zeta+\frac{u_0^2P_1}{3}\sin^3\zeta+\ldots+\frac{u_0^{2n}P_n}{2n+1}\sin^{2n+1}\zeta+\ldots\right), \tag{66}$$

où $u_0=\frac{K}{\sqrt[4]{1+2K^2}}$. Cette série est valable pour tout parallèle d'une quelconque de nos figures d'équilibre. Nous avons déjà calculé y et cette aire, sous forme finie, aux pages 139 et 164 de notre Mémoire. Il en est de même de certaines quantités dont il est parlé plus loin, mais les séries qui suivent sont commodes, dans le cas de petites vitesses.

2. Par un calcul assez long, on arrive à développer l'intégrale elliptique donnant le demi-axe polaire b, en la série alternée :

$$(67)\qquad \frac{b}{a} = 1 - K^2 + K^4 - \frac{7}{5}K^6 + \frac{15}{7}K^8 - \ldots + \frac{M_{p-1}}{p}K^{2p}\ldots,$$

valable pour $2K^2 < 1$, avec

$$(68)\quad M_p = (-1)^{p+1}\sum 2^{n-m}\frac{1.3.5\ldots(2m-1)}{(2n+3)(2n+5)\ldots(2p+1)}\,\frac{(n-m+1)(n-m+2)\ldots n}{1.2.3\ldots m},$$

où m et n prennent toutes les valeurs positives entières ou nulles, telles que

$$m+n=p,\qquad 0 \leqq m \leqq n,\qquad p \geqq 1,$$

et où chacun des facteurs fractionnaires est à prendre égal à 1 pour $m=0$.

De (67) et de la formule (19) du Mémoire, on déduit

$$(69)\qquad \mathcal{K}^2 = K^2 - K^4 + \frac{6}{5}K^6 - \frac{62}{35}K^8 - \ldots + \frac{1}{2}\left(\frac{M_{p-2}}{p-1} - \frac{M_{p-1}}{p}\right)K^{2p}\ldots,$$

série alternée valable pour $2K^2 < 1$.

Une inversion de série conduit, pour des valeurs suffisamment petites de $\mathcal{K}$, à la série

$$(70)\quad \frac{a^3}{R^3} = \frac{K^2}{\mathcal{K}^2} = 1 + \mathcal{K}^2 + \frac{4}{5}\mathcal{K}^4 + \frac{27}{35}\mathcal{K}^6 + \frac{493}{525}\mathcal{K}^8 + \frac{7136}{5775}\mathcal{K}^{10} + \frac{1481176}{875875}\mathcal{K}^{12} + \ldots.$$

Soient Ω l'aire de la surface libre totale de la masse et J le moment d'inertie de la masse par rapport à l'axe de rotation ; on peut, comme pour $\frac{b}{a}$, déterminer les termes généraux des développements de $\frac{\Omega}{a^2}$ et de $\frac{J}{a^5}$ en séries entières en K^2 valables pour $2K^2 < 1$; puis, à l'aide de (70), on peut calculer, pour Ω et J, de nombreux termes de leurs développements en $\mathcal{K}$.

3. Ces séries prennent une forme simple, si l'on adopte, pour chaque masse liquide étudiée, un système d'unités propre à cette masse et tel que $R=1$, $\delta=1$, $f=\frac{1}{8}$. On trouve pour (70) :

$$(71)\qquad a^3 = 1 + \omega^2 + \frac{4}{5}\omega^4 + \frac{27}{35}\omega^6 + \frac{493}{525}\omega^8 + \frac{7136}{5775}\omega^{10} + \frac{1481176}{875875}\omega^{12} + \ldots.$$

4. On peut montrer que les figures d'équilibre étudiées ici ne sont stables que pour la partie de la courbe (ω, a) (*fig.* 5, p. 151 de notre Mémoire), comprise entre les points de coordonnées 0 et 1 ; 0,754 et 1,430. La stabilité se change en instabilité au passage du point limite.

ASTROMOMIE. — *Sur la comète Paris-Winnecke.*
Note de M. **Giacobini**, présentée par M. Deslandres.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie la première observation visuelle de la comète Paris-Winnecke faite à l'équatorial de l'Est de l'Observatoire de Paris, le 22 avril 1927 à $21^h42^m5^s$ temps moyen de Greenwich [1].

$$\alpha(1927,0) = 14^h54^m30^s,07 \qquad \delta(1927,0) = +45°45'48'',7.$$

On en conclut un écart avec l'éphéméride de M. Merfield dans le sens O — C de :

$$\Delta\alpha \cos\delta = -4^m20^s \quad \text{et} \quad \Delta\delta = +18',2.$$

La comète offre l'aspect d'une nébulosité elliptique de 10″ à 12″ de grand axe avec une condensation bien marquée vers l'un de ses foyers. Elle est à la limite de la visibilité dans l'équatorial de $0^m,40$ d'ouverture et sa grandeur est comprise entre 12,5 et 13,0.

Cette comète devant passer très près de la Terre (distance le 26 juin 0,04) il est désirable que les observateurs d'étoiles filantes inspectent minutieusement le ciel aux dates avoisinant le périgée.

PHYSIQUE. — *Sur deux qualités de verre de silice.*
Note de M. **Henri George**, présentée par M. Paul Janet.

On sait que le verre de silice opaque provient de la fusion au four électrique de sable siliceux très pur (99,8 pour 100 SiO^2).

Cette fusion s'opère vers 1800° en présence d'électrodes de carbone et donne lieu à une réaction de réduction de la silice avec production de silicium et d'oxyde de carbone. Cette réaction commence vers 1400°, s'accélère quand la température s'élève et n'est limitée que par la production, sur l'électrode, d'une couche de carbure de silicium.

Au-dessous de 1600°, le silicium mis en liberté dans la réaction est à

(1) Le 22 avril la nuit a été extrêmement belle; les jours suivants, le ciel étant moins favorable, la comète n'a pas été retrouvée.

l'état de vapeur et vient brûler au-dessus des fours en donnant des fumées blanches de silice. Mais, à cette température, la charge n'a pas encore commencé à s'agglomérer autour de l'électrode et les vapeurs de silicium peuvent librement s'y répandre et s'y condenser. Or, sous peine d'être d'aspect et de qualité très inférieurs, le produit fondu ne doit pas contenir de silicium libre.

A. On s'était donc efforcé jusqu'ici d'empêcher complètement les vapeurs de se répandre dans la charge de sable sec, ce qui peut être réalisé facilement, soit à l'aide d'un tube de silice fondue entourant l'électrode, soit à l'aide d'électrodes tubulaires percées de trous pour l'évacuation des gaz.

B. On peut procéder autrement et laisser les vapeurs de silicium se répandre dans la charge à condition d'assurer l'oxydation de celles-ci de façon à les condenser sur la charge sous forme de silice. L'expérience montre qu'il est facile d'effectuer cette oxydation en incorporant simplement au sable une certaine quantité d'eau de l'ordre de 2 pour 100 de son poids.

Dans l'un ou l'autre cas, on obtient des produits sains, parfaitement blancs et ne contenant pas de silicium libre, mais ces produits, dont l'identité chimique est absolue, ont des propriétés très différentes.

Les produits à silicium oxydé (B) sont plus compacts (volumes des pores 9 pour 100) que les produits (A) (volume des pores 13 pour 100); ils ont une meilleure résistance mécanique, se travaillent mieux et prennent un meilleur poli. Leurs propriétés électriques (rigidité, pertes en haute fréquence) sont également meilleures.

Par contre, au point de vue thermique, les produits (A) ont un avantage marqué. L'affaissement sous charge montre une différence d'une centaine de degrés en leur faveur.

Le rôle important que peut jouer l'humidité de la charge dans la fusion au four électrique de sable siliceux n'avait pas encore été signalé.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur l'énergie rayonnée par les réseaux électromagnétiques.* Note de M. **R. Mesny**, présentée par M. A. Ferrié.

Sous la forme où les réseaux se présentent dans la pratique, l'énergie qu'ils rayonnent ne peut pas s'exprimer en termes aisément maniables ; mais si l'on substitue à l'ensemble des fils parallèles parcourus par des courants

égaux une nappe continue de courant, l'énergie émise se représente par des formules simples applicables aux réseaux réels car le champ de ces derniers diffère peu de celui des nappes.

Soit une nappe plane dont la longueur l est comptée normalement à la direction du courant. Nous supposerons sa hauteur h, prise dans la direction du courant, très petite par rapport à la longueur d'onde ; c'est une approximation identique à celle que l'on fait en remplaçant une antenne linéaire par un doublet. Nous définirons la direction d'un point éloigné par les angles ψ et θ qu'elle forme avec la direction de la longueur de la nappe et avec celle du courant ; nous appellerons axe de la nappe la normale à son plan, en son milieu. L'amplitude du champ au point considéré est proportionnelle à

$$E = \frac{\sin\left(\frac{\pi l}{\lambda}\cos\psi\right)}{\frac{\pi l}{\lambda}\cos\psi}\sin\theta.$$

Si K est la densité de puissance rayonnée dans l'axe $\left(\psi = \theta = \frac{\pi}{2}\right)$, la puissance totale dépensée est

$$W_1 = K\int_\Sigma A^2\,d\Omega,$$

$d\Omega$ étant la différentielle d'angle solide et l'intégrale étant étendue à un angle solide de 4π. On trouve

$$W_1 = \frac{2K\lambda}{l}\left[\frac{\lambda}{2\pi l}\left(1 - \frac{\sin\frac{2\pi l}{\lambda}}{\frac{2\pi l}{\lambda}}\right) + \int_0^{\frac{\pi l}{\lambda}}\frac{\sin^2 u}{u^2}\,du\right].$$

La dernière intégrale prise entre zéro et l'infini est égale à $\frac{\pi}{2}$ et il arrive que pour toutes les valeurs de l supérieures à $1,3\lambda$ la valeur numérique du crochet reste égale à cette quantité à moins de $\frac{1}{100}$ près ; on peut donc écrire :

$$W_1 = \frac{K\pi\lambda}{l}.$$

Revenons à un réseau discontinu de même longueur et contenant n antennes et calculons la constante K. La densité de puissance rayonnée dans l'axe est (U. E. M.)

$$K = \frac{c}{4\pi}\,H_{\text{eff}}^2,$$

c étant la vitesse de la lumière et H le champ magnétique. En remarquant que dans cette direction les champs des n antennes s'ajoutent arithmétiquement et en appelant I_{eff} l'intensité dans chaque antenne, on trouve en *unités pratiques :*

$$W_1 = 30\pi^2 \frac{h^2}{\lambda l} n^2 I_{eff}^2.$$

En remplaçant le réseau simple précédent par deux réseaux parallèles et de même axe, distants d'un quart d'onde et dans lesquels les courants sont décalés de $\frac{\pi}{2}$, le rayonnement devient unilatéral et l'on trouve, en désignant encore par n le nombre des antennes dans *un seul* rideau :

$$W_2 = 2 W_1.$$

Ces formules permettent de résoudre un problème intéressant : *Quel est le rapport de l'énergie rayonnée dans l'axe d'un réseau à celle que rayonnerait dans son équateur une antenne isolée dépensant la même puissance totale.*

La puissance rayonnée par une seule antenne est

$$W' = 80\pi^2 \frac{h'^2}{\lambda^2} I'^2_{eff};$$

d'autre part, le rapport des densités d'énergie rayonnées dans l'axe d'un réseau simple ou double et dans le plan équatorial d'une antenne unique, est

$$\frac{w_1}{w'} = n^2 \frac{h^2}{h'^2} \frac{I_{eff}^2}{I'^2_{eff}} \qquad \text{ou} \qquad \frac{w_2}{w'} = 4\, n^2 \frac{h^2}{h'^2} \frac{I_{eff}^2}{I'^2_{eff}}.$$

En égalant w' à w_1 ou w_2, on trouve pour les deux cas :

$$\frac{w_1}{w'} = 2,67 \frac{l}{\lambda} \qquad \text{et} \qquad \frac{w_2}{w'} = 5,33 \frac{l}{\lambda}.$$

Par exemple, à dépense égale, un rideau double de cinq longueurs d'onde rayonne dans l'axe 27 fois plus d'énergie qu'une antenne unique.

On peut encore remarquer que la résistance totale de rayonnement des deux types de réseaux est

$$R_1 = 30\pi^2 \frac{h^2}{\lambda l} n^2 \qquad (R_2 = 2 R_1),$$

d'où l'on déduit que la résistance moyenne d'une seule antenne de ces

réseaux est dans les deux cas

$$r = 30\pi^2 \frac{h^2}{\lambda l} n.$$

En comparant cette expression à la résistance $80\pi^2 \frac{h^2}{\lambda^2}$ d'un doublet, on voit que le groupement de plusieurs antennes augmente notablement la résistance de rayonnement de chacune d'elles considérée isolément. Si, par exemple, l'intervalle entre deux antennes est égal à un quart d'onde, chaque antenne voit sa résistance multipliée par 1,5 environ. On se rend facilement compte de la cause physique de ce phénomène en remarquant que cet accroissement est produit par la composante du champ des antennes voisines qui, sur une antenne donnée, se trouve en opposition avec le courant dans cette antenne [1].

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un gyroscope alimenté en courant alternatif par ses axes de suspension.* Note de M. **Armand de Gramont**, présentée par M. A. Cotton.

Un gyroscope qui doit tourner à grande vitesse ne peut être alimenté par du courant continu d'une façon prolongée. La solution habituellement employée consiste à utiliser un courant triphasé qui est envoyé à un stator central entouré par un rotor à cage d'écureuil.

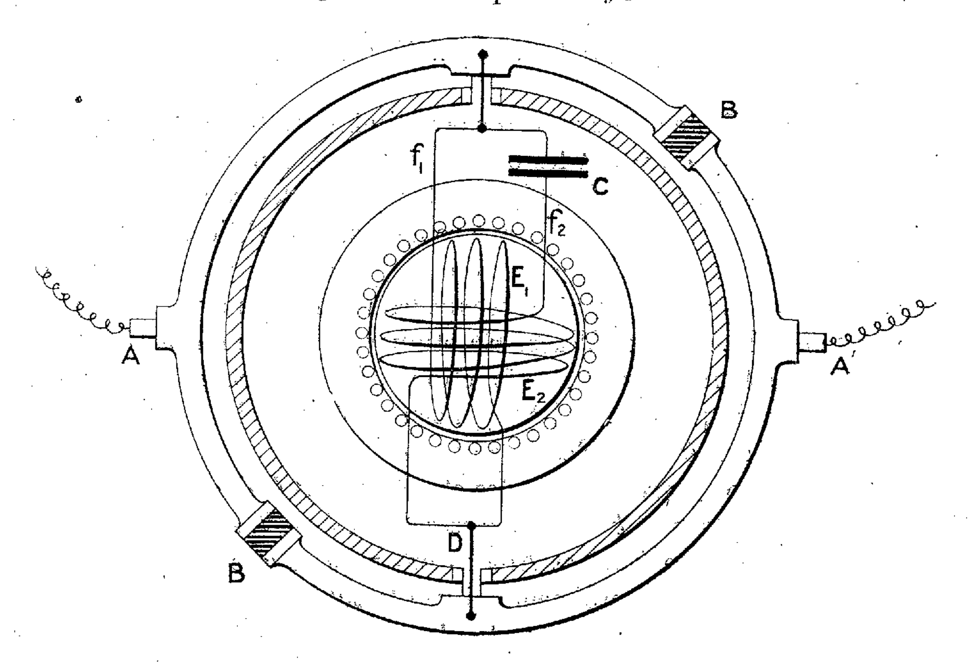
L'alimentation d'un tel gyroscope peut se faire par des contacts à mercure, dont on connaît les inconvénients, ou au moyen de trois fils solidaires, d'une part de la cage de l'appareil et d'autre part du stator. Ces trois fils, quelque légers qu'ils soient, entraînent par leur réaction sur le gyroscope des perturbations irrégulières : il en résulte des précessions dont on ne peut prévoir le sens.

Pour obvier à ces inconvénients, nous avons essayé d'alimenter un gyroscope par les axes d'oscillation de son support : nous employons à cet effet un groupe électrogène produisant du courant alternatif monophasé, et nous transformons ce courant en biphasé ou en triphasé dans le stator lui-même. Le dispositif qui produit du biphasé est représenté sur la figure qui montre schématiquement une coupe perpendiculaire à l'axe de rotation du tore : le courant amené à l'axe A emprunte le cercle de suspension coupé en B par un isolant et se divise à l'entrée du stator en deux enrou-

[1] L. Brillouin, *Radioélectricité*, 3, avril 1922, p. 147-153.

lements E_1 et E_2 sensiblement orthogonaux, mais d'impédance différente.

L'enroulement E_1 est connecté directement avec l'axe A par le fil f_1 ; le deuxième enroulement E_2 est alimenté par le fil f_2 à travers un condensateur



C qui introduit un déphasage : on essaie de rendre ce déphasage aussi voisin que possible de $\frac{\pi}{2}$; il atteint en pratique une valeur suffisante pour que le gyroscope fonctionne comme s'il était alimenté en courant biphasé par quatre fils. Les deux enroulements se réunissent en D et le circuit se ferme par l'axe A'.

Nous sommes arrivé, dans ces conditions, à faire tourner, à la pression atmosphérique, un tore de 80^{mm} de diamètre, pesant environ 800^g, à des vitesses qui ont atteint 22000 tours à la minute.

Nous avons pu également, en partant du même courant monophasé et en agissant sur trois circuits au lieu de deux, alimenter le gyroscope par un courant triphasé. Le déphasage peut être modifié par des résistances ou des selfs convenablement disposées. On obtient alors un courant triphasé parfaitement équilibré.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la relation entre les classes de raies déterminées par la température et les groupes de raies déterminés par la pression.* Note de M. **Josef Mikuláš Mohr**, présentée par M. H. Deslandres.

Le but de cette Note est de montrer la véritable relation entre les groupes de pression des raies du fer et les classes de température de King. On sait que Gale et Adams, en étudiant les déplacements des raies du fer par la pression, les ont partagées en quatre groupes *a*, *b*, *c*, *d*, le groupe *a* étant celui qui, pour une même longueur d'onde, a le plus petit déplacement. Un groupe supplémentaire *e*, comprenant les raies déplacées vers le violet, a été ajouté par St. John et Ware. En étudiant l'augmentation d'intensité des raies dans le four électrique en fonction de la température, King a partagé les raies en cinq classes de I à V, la classe I étant celle qui est la mieux développée aux températures les plus basses.

On pensait, jusqu'à présent, que les classes I et II étaient en accord parfait avec les groupes *a* et *b*, et les classes III, IV et V avec les groupes *c* et *d*. On sait aussi que Gale et Adams ont montré que les déplacements dans les groupes *a*, *b*, *c*, *d* croissent suivant le cube de la longueur d'onde.

Si nous considérons, par exemple, les déplacements des raies de la classe I dans la partie rouge, nous voyons qu'ils sont à peu près les mêmes que ceux des raies des hautes classes de King dans la partie violette du spectre. Je suis alors conduit à une déduction logique de la relation précédente entre les classes et les groupes. Puisque les raies des hautes classes ont de grands déplacements, dus à la pression, on peut penser que les raies de grandes longueurs d'onde d'un même groupe n'appartiennent pas à la même classe que les raies de petites longueurs d'onde de ce groupe.

La comparaison a été faite sur les raies du fer, les seules pour lesquelles on ait actuellement assez de données pour faire une statistique. Elle montre que dans chacun des quatre premiers groupes, *la classe de King croît avec la longueur d'onde des raies*. Par exemple pour le groupe *b* qui est le plus riche en raies je trouve qn'entre 3609 à 3687 Å toutes les raies considérées par Gale et Adams dans leurs recherches sur les déplacements de pression appartiennent à la première classe de King. Entre 3709 et 4132 Å il y a presque exclusivement des raies de la deuxième classe, à l'exception de la raie 3887, qui appartient à la première classe, et des raies 3956, 3977 et 3997 appartenant à la troisième classe. Entre 4132 et 4531 on trouve trois

raies de la première classe, onze raies de la deuxième classe, neuf raies de la troisième classe et une raie de la quatrième classe. Entre 5975 et 6678 Å la plupart des raies appartiennent à la troisième classe, deux raies seulement à la deuxième, deux raies à la quatrième et trois raies à la cinquième classe.

Le même résultat se constate pour les autres groupes, mais pas toujours aussi nettement. Les tableaux de comparaisons des deux groupements seront publiés prochainement.

La comparaison des déplacements de pression avec les données de King a été faite seulement pour les groupes *a, b, c, d*; pour le groupe *e* les données de déplacements de pression n'existent pas. On s'est beaucoup ressenti du manque de données pour les raies du fer et des autres éléments des différents groupes du tableau périodique des éléments, ainsi que du manque de précision des mesures, surtout pour les déplacements de pression, souvent non corrigés de l'effet de pôle. Cela explique quelques-unes des discordances constatées.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre du second ordre de l'azote.* Note de MM. **F. Croze** et **J. Gilles**, présentée par M. A. Cotton.

Conformément à la loi d'alternance des multiplicités, le spectre du second ordre de l'azote (NII) est formé par des combinaisons entre des termes de multiplicité impaire. Un certain nombre de ces termes qui avaient été reconnus indépendamment par l'un de nous (¹) et par A. Fowler (²) ont été rapportés par Hund (³) à différentes configurations électroniques de l'ion NIII et à différentes orbites décrites par l'électron émissif : un groupe de termes : ^3P et ^1P à la configuration $(ssp)ns$ $n \geqq 3$; un groupe de termes $^3S.^3P.^3D$ à la configuration $(ssp)np$ avec $n \geqq 3$. La théorie de Hund permet également de prévoir l'existence de groupes de termes $^3P.^3D.^3F$ correspondant à la configuration $(ssp)nd$. C'est en effet ce qui a lieu. Les termes ^3D et ^3F considérés sont ceux qui entrent en combinaison pour donner le multiplet DF déjà reconnu par l'un de nous : les termes ^3P correspondants sont déterminés par les combinaisons formant

(¹) F. Croze, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1603; 180, 1925, p. 277.
(²) A. Fowler, *Proc. Roy. Soc.*, 107, 1925, p. 31.
(³) F. Hund, *Linienspektren*, Berlin, 1927.

les multiplets suivants. Le premier de ces multiplets a été établi au moyen de l'effet Zeeman.

$^3S - {}^3P''$.

i	4		4		3	
λ	5007,42		4994,34		4987,22	
ν	19964,79	52,32	20017,11	28,57	20045,68	$^3S_1$
	$^3P_2$		$^3P_1$		$^3P_0$	

$^3D - {}^3P$.

i			3		4	
λ	raie noyée		4465,52		4459,90	
ν	dans une bande		22387,54	28,26	22415,80	$^3D_1$
i	3		60,98			
λ	4488,31		6			
ν	22273,90	52,66	4477,72			$^3D_2$
	95,10		22326,56			
i	7					
λ	4507,50					
ν	22178,80					$^3D_3$
	$^3P_2$		$^3P_1$		$^3P_0$	

$^3P - {}^3P$.

i			1			
λ			5452,20			
ν			18366,15			$^3P_0$
			35,65			
i	1		1		1	
λ	5478,41		5462,82		5454,28	
ν	18248,41	52,09	18300,50	28,65	18329,15	$^3P_1$
	57,97		58,65			
i	4		2			
λ	5495,87		5480,38			
ν	18190,44	51,41	18241,85			$^3P_2$
	$^3P_2$		$^3P_1$		$^3P_0$	

Si l'on admet pour le niveau $^3P_2$ la valeur 70000 admise par Fowler, les niveaux ^3P, ^3D, ^3F qui correspondent à la configuration $(ssp)nd$ ont les

valeurs données dans le tableau suivant :

$$(ssp)nd \quad (n \geqq 3) \begin{cases} {}^3P_0 = 30219,9 \\ {}^3P_1 = 30167,8 \\ {}^3P_2 = 30138,9 \\ {}^3D_1 = 31638,75 \\ {}^3D_2 = 31614,66 \\ {}^3D_3 = 31584,37 \\ {}^3F_2 = 32423 \\ {}^3F_3 = 32505 \\ {}^3F_4 = 32565 \end{cases}$$

On peut remarquer que l'ordre des termes P_0, P_1, P_2 est inversé, comme c'est le cas pour les termes ${}^3P_0$, ${}^3P_1$, ${}^3P_2$ correspondant à la même configuration électronique dans le spectre de O III (1).

SPECTROSCOPIE. — *Sur les configurations électroniques correspondant à l'émission du spectre du troisième ordre de l'oxygène.* Note de M. **C. Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai montré précédemment que la plupart des raies du spectre du troisième ordre de l'oxygène (O III) forment des multiplets appartenant les uns à un système de triplets ($r = 3$), les autres à un système de quintuplets ($r = 5$) (2).

Les termes dont les combinaisons forment les multiplets de ces deux systèmes se divisent en plusieurs groupes que la théorie de Hund (3) permet de rapporter à différentes configurations électroniques dans l'ion O IV et aux différentes orbites décrites par l'électron émissif. C'est ainsi que deux groupes de termes ${}^3S$, ${}^3P$ et ${}^3D$ reconnus dans le système des triplets peuvent être rapportés à une configuration électronique représentée par le symbole $(ssp)\,np$, dans laquelle deux des électrons de l'ion O IV sont sur des orbites $1s$, deux sur des orbites $2s$, un sur une orbite $2p$, l'électron émissif se trouvant sur une orbite np; l'application de la formule de Rydberg montre d'ailleurs que ces valeurs de np sont $3p$ et $4p$ pour les deux groupes considérés. Le groupe des termes ${}^5S$, ${}^5P$ et ${}^5D$, trouvé dans le système des quintuplets, peut de même être rattaché à la configuration $(spp)\,3p$.

(1) C. Mihul, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1035; **184**, 1927, p. 89.

(2) C. Mihul, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1035; **184**, 1927, p. 89 et 874.

(3) F. Hund, *Linienspektren*, Berlin, 1927.

Le tableau suivant donne les valeurs de tous les termes reconnus actuellement avec les configurations électroniques correspondantes. Pour les termes du système des quintuplets, les valeurs ont été déplacées de 100 000 afin d'éviter l'emploi de nombres négatifs.

TABLEAU I.

Système des triplets.

(*ssp*) 3*s*. Défaut quantique = — 0,65.	${}^3P_0$ = 177 675,48
	${}^3P_1$ = 177 557,12
	${}^3P_2$ = 177 300,00
(*ssp*) 3*p* Défaut quantique = — 0,65.	${}^3S_1$ = 147 375,59
	${}^3P_0$ = 144 304,34
	${}^3P_1$ = 144 622,20
	${}^3P_2$ = 144 431,66
	${}^3D_1$ = 151 067,50
	${}^3D_2$ = 151 931,27
	${}^3D_3$ = 151 711,10
(*ssp*) 4*p*........	${}^3S_1$ = 76 982,39
	${}^3P_0$ = 74 605,47
	${}^3P_1$ = 74 516,88
	${}^3P_2$ = 74 408,04
	${}^3D_1$ = 78 445,98
	${}^3D_2$ = 78 339,10
	${}^3D_3$ = 78 132,43
(*ssp*) 3*d*. Défaut quantique = — 0,11.	${}^3P_0$ = 115 289,65
	${}^3P_1$ = 115 351,00
	${}^3P_2$ = 115 465,06
	${}^3D_1$ = 117 704,67
	${}^3D_2$ = 117 655,82
	${}^3D_3$ = 117 581,95
	${}^3F_2$ = 120 469,93
	${}^3F_3$ = 120 274,31
	${}^3F_4$ = 120 095,78

Système des quintuplets.

(*spp*) 3*s*........	${}^5P_1$ = 76 285,63
	${}^5P_2$ = 76 161,16
	${}^5P_3$ = 76 000,00
(*spp*) 3*p*........	${}^5S_2$ = 38 783,84
	${}^5P_1$ = 46 325,13
	${}^5P_2$ = 46 267,87
	${}^5P_3$ = 46 166,75
	${}^5D_0$ = 49 335,74
	${}^5D_1$ = 49 300,94
	${}^5D_2$ = 49 232,38
	${}^5D_3$ = 49 132,34
	${}^5D_4$ = 49 005,04
(*spp*) 3*d*........	${}^5F_1$ = 20 335,05
	${}^5F_2$ = 20 296,05
	${}^5F_3$ = 20 238,80
	${}^5F_4$ = 20 133,06
	${}^5F_5$ = 20 071,03

Les termes (*ssp*) 3*s*. ${}^3P$ se combinent avec le terme (*ssp*) 3*p*. ${}^3S$ dans le triplet suivant :

i	7		6		5	
λ	2597,79		2605,51		2609,70	$^3S_1$
ν	38482,70	113,98	38368,72	61,59	38307,13	
	$^3P_2$		$^3P_1$		$^3P_0$	

Les termes $(ssp)\,3s\,.\,^3P$, $(ssp)\,3d\,.\,^3P$ et $(ssp)\,3d\,.\,^3D$ peuvent donner avec les termes fondamentaux $(ssp)\,2p\,.\,^3P$ des combinaisons correspondant à des raies voisines de 400 A. Dans le relevé de Bowen et Millikan [1], on trouve justement trois raies intenses à 374,3, 303,7 et 305,7 A qui peuvent être considérées comme des groupes de raies non résolues correspondant aux combinaisons $(ssp)\,2p\,.\,^3P - (ssp)\,3s\,.\,^3P$, $(ssp)\,2p\,.\,^3P - (ssp)\,3d\,.\,^3P$ et $(ssp)\,2p\,.\,^3P - (ssp)\,3d\,.\,^3D$. D'après cela la valeur du terme fondamental $(ssp)\,2p\,.\,^3D$ serait de 444 690, ce qui est d'accord avec la valeur obtenue par extrapolation et avec celle (443 900) qui a été déduite par Bowen [2] de la comparaison des spectres de C I, N II et O III. Le potentiel d'ionisation correspondant est 54,8 volts.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'emploi de la décharge dans l'hydrogène comme source de spectre continu dans l'ultraviolet.* Note de MM. **M. Lambrey** et **D. Chalonge**, présentée par M. A. Cotton.

La décharge dans l'hydrogène a déjà été employée comme source de spectre continu dans l'ultraviolet lointain [3], mais son emploi paraissait assez pénible et l'intensité était signalée comme faible [4]. Or nous avons constaté qu'il est facile de réaliser un tube à hydrogène d'un fonctionnement parfaitement régulier et émettant un spectre continu intense.

Cette lampe se compose d'un tube de verre de 3^{mm} de diamètre intérieur et de 12 à 15^{cm} de long, terminé par deux ampoules plus larges contenant les électrodes et dont l'une est fermée par une fenêtre de quartz permettant d'observer suivant l'axe du tube. Au moyen d'un osmo-régulateur, on remplit d'hydrogène, sous la pression d'environ $2^{mm},5$, ce tube préalablement vidé avec soin, ainsi qu'un récipient d'environ 1^l avec lequel il communique et dont le rôle est d'atténuer la diminution de pression qui se produit peu à

(1) L.-S. Bowen et A. Millikan, *Physic. Rev.*, 23, 1924, p. 1.
(2) L.-S. Bowen, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 240.
(3) Hulburt, *Astr. J.*, 42, 1915, p. 205.
(4) Crew et Hulburt, *Phys. Rev.*, 28, 1926, p. 496.

peu quand la décharge passe. Lorsqu'on applique entre les électrodes une tension de 2000 à 3000 volts (transformateur alimenté par le secteur alternatif), le tube est traversé par un courant de 15 à 30 milliampères et s'illumine très vivement émettant une lumière bleutée intense. Le spectre de cette lumière est absolument continu depuis le rouge où il commence jusqu'à 1850 Å et se prolonge vraisemblablement avec une intensité très notable dans la région de Schumann (1). La raie Hα est très visible, mais Hβ, Hγ et le spectre secondaire sont noyés dans le spectre continu et très difficiles à discerner. Au-dessous de 3000 Å, aucune radiation ne vient se superposer au spectre continu.

Avec un petit spectrographe à optique de quartz (objectifs de 20^{cm} de foyer, ouverts à $f/15$) et une fente de 0^{mm},05 de large, 30 secondes de pose suffisent pour que l'on puisse commencer à voir sur le cliché (2) les bandes d'absorption de l'oxygène qui se trouvent entre 1850 et 2000 Å, et la densité photographique du fond continu, égale à 0,5 pour 2100 Å, dépasse 1,5 pour 2400 Å.

Stabilité. — Le tube fonctionnant sans interruption pendant plusieurs minutes, une série de poses égales, prises sur la même plaque, donnent des noircissements identiques. La constance de cette source semble donc très bonne, du moins pour des poses ne dépassant par 5 minutes; il est probable qu'en refroidissant le tube il sera possible de la maintenir pendant une durée beaucoup plus grande.

Comparaison aux autres sources. — L'essai précédent montrant que ce tube à hydrogène constitue une source bien adaptée aux exigences de la photométrie photographique, nous l'avons comparé photographiquement d'une façon sommaire aux autres sources continues utilisables dans l'ultraviolet.

1. *Cratère positif de l'arc au charbon.* — L'intensité du spectre de l'arc, comparable à celle du tube aux environs de 2300 Å, croît extrêmement vite avec la longueur d'onde et dès 2500 Å elle est dix fois plus grande. Aussi les radiations parasites provenant de la fin du visible ou du début de l'ultraviolet que diffusent les pièces optiques du spectrographe sont-elles

(1) Oldenberg (*Zeit. f. Phys.*, **41**, 1927, p. 1) l'a photographié jusqu'à 1450 Å.

(2) Les plaques (Jougla, étiquette mauve) étaient recouvertes d'une couche d'huile fluorescente, suivant le procédé de Duclaux et Jeantet (*Rev. Opt.*, 2, 1923, p. 384), et développées avec le révélateur Baldet (*Astron.*, 38, 1924, p. 383).

considérablement plus intenses pour l'arc, et l'on ne peut photographier le spectre de l'arc dans l'ultraviolet lointain qu'à condition d'utiliser des absorbants appropriés, tels que la paranitrosodiméthylaniline, qui affaiblissent les radiations de plus grande longueur d'onde. Malgré ces précautions, alors que 5 secondes de pose suffisent pour faire apparaître le voile de diffusion dans le cas de l'arc, 10 minutes de pose avec le tube donnent, dans les mêmes conditions, un spectre parfaitement pur. L'intensité du spectre de l'hydrogène devient beaucoup plus grande que celle de l'arc au-dessous de 2300 Å, mais le voile rend la comparaison difficile.

2. *Lampe à incandescence à filament métallique avec fenêtre de quartz.* — Cette lampe présente exactement les mêmes défauts que l'arc et l'emploi d'absorbants s'impose également lorsqu'on veut photographier des radiations de longueur d'onde inférieure à 3000 Å. Mais, à cause de la température plus basse du filament, le spectre de la lampe, même survoltée, devient plus faible que celui de l'hydrogène dès 2900 Å.

3. *Étincelles condensées sous l'eau.* — Les étincelles étaient produites par le générateur d'étincelles Beaudouin, le primaire étant traversé par un courant de 4 ampères. Dans ces conditions, l'intensité moyenne du spectre émis reste de l'ordre du dixième de celle du spectre du tube à hydrogène entre 2300 et 2800 Å, et diminue ensuite très rapidement.

Ce spectre est dû également à l'hydrogène et c'est vraisemblablement l'absorption de l'eau impure qui l'affaiblit beaucoup au-dessous de 2300 Å. Il a de plus les inconvénients d'être très difficile à stabiliser et de contenir les raies du métal des électrodes.

POLARIMÉTRIE. — *Sur les cuprotartrates alcalins.* Note de M. **P. Gabiano**, présentée par M. A. Cotton.

Je me suis proposé dans ces recherches d'essayer d'isoler les composés définis du cuivre et de l'acide tartrique auxquels doit être attribué le dichroïsme circulaire découvert par M. Cotton. Toutes les études optiques déjà faites n'ont porté que sur des mélanges de nature assez mal définie; la composition et les propriétés optiques des corps en question sont encore inconnues. Dans cette préparation je me suis guidé sur un travail antérieur de M. Darmois sur les cupromalates alcalins.

Tartrate de cuivre. — Mon premier soin a été d'obtenir un tartrate de Cu

bien défini. Ce sel ne semble pas avoir été décrit depuis Frésénius. M. Cotton l'a préparé en précipitant l'acétate de Cu par l'acide tartrique, mais l'analyse du corps obtenu n'a pas été faite, et il est probable que celui-ci ne répond pas à la formule simple TCu (T représentant $C^4O^6H^4$). J'ai donc recherché dans quelles conditions se faisait la dissolution de l'hydrate de Cu dans l'acide tartrique. $Cu(OH)^2$ était obtenu par la méthode de M. Darmois : précipitation de $SO^4Cu, 5H^2O$ par NH^3 et redissolution dans la quantité juste suffisante, puis précipitation par la soude. Le précipité était lavé jusqu'à réaction neutre du filtrat à la phtaléine, puis projeté directement dans l'acide tartrique. On constituait des solutions avec $\frac{1}{1000}$ de molécule de TH^2 et $\frac{x}{1000}$ de $Cu(OH)^2$. On étendait à 100^{cm^3}. La rotation était mesurée sous 2^{dm} pour les trois raies du Hg. Le pouvoir rotatoire était rapporté à la concentration dans 100^{cm^3} comptée en $TH^2 + CuO$. Le tableau résume les mesures :

x	0.	0,25.	0,5.	0,75.	1.	1,25.	1,5.
$[\alpha]_J$	26°,6	85°,3	168°,4	240°	363°	346°	166°,6
$[\alpha]_V$	26,6	80	160,5	228,5	341,3	332	170,3
$[\alpha]_I$	26,6	94,1	184,2	260	391,3	380	235,1
$\rho = \frac{\alpha_J}{\alpha_I}$	1	1,10	1,09	1,08	1,08	1,10	1,41

Les rotations maxima sont observées pour les solutions correspondant à la proportion TCu. Mises à cristalliser elles abandonnent des cristaux très fins d'un beau bleu ciel. On en a fait une analyse partielle qui conduit à la formule $TCu, 3H^2O$:

	Trouvé pour 100.	Calculé.
Dosage du cuivre par la méthode iodométrique	23,65	23,77
Dosage de l'eau par dessiccation à 110-115° pendant 6 heures.	20,2	20,3

Le tartrate de Cu est donc un composé défini. Il est très peu soluble dans l'eau. Son pouvoir rotatoire spécifique a été mesuré sur la solution obtenue par dissolution directe de $Cu(OH)^2$ dans l'acide tartrique, la concentration étant rapportée à $TCu, 3H^2O$. On trouve

$$[\alpha]_V = 296°,2 ; \quad [\alpha]_I = 339°,6.$$

Il est à noter que les solutions correspondant à la proportion 2 de TH^2 pour 1 de Cu, soit au tartrate acide, déposent toutes du $TCu, 3H^2O$.

Tartrates cuproalcalins. — On a étudié la dissolution de $TCu, 3H^2O$ dans

la soude et l'ammoniaque. On prenait $\frac{0,5}{1000}$ de T Cu, $3H^2O$, et l'on dissolvait dans $\frac{x}{1000}$ de NaOH ou AmOH puis étendait à 5^{cm^3}. On mesurait la rotation sous 5^{cm} pour la raie indigo du Hg et rapportait la concentration de T Cu + NaOH ou NH^4OH.

a. Sel d'ammoniaque. Les résultats sont condensés dans le tableau :

x.......	0,5.	1.	1.5.	2.	3.	4.	5.
$[\alpha]_I$.......	184°,5	122°,4	124°	88°,3	60°,8	43°,5	38°,5

On ne peut obtenir une dissolution totale avec moins de $\frac{0,5}{1000}$ d'Am. Les solutions sont violacées. La liqueur renfermant 1 pour 1 de tartrate et d'Am possède le pouvoir rotatoire maximum observé. Elle abandonne un sel bien cristallisé en paillettes. Le pouvoir rotatoire de ce corps a été mesuré pour la concentration 2,5 :

$$[\alpha]_I = 189°,6.$$

La formule serait donc vraisemblablement T Cu NH^4, H^2O :

	Trouvé pour 100.	Calculé.
Dosage du Cu par la méthode iodométrique.......	25,4	25,2
Dosage d'Am par déplacement par MgO.........	6,2	6,88

b. Sel de soude. — Les mesures sont résumées dans le tableau :

x....	0,5.	0,7.	0,75.	0,9.	1.	1,5.	2.	5.
$[\alpha]_I$....	189°,6	193°,9	197°,7	517°	779°	690°	605°	318°

Comme pour l'Am on ne peut dissoudre dans moins de $\frac{0,5}{1000}$ de NaOH. Les liqueurs sont franchement bleues.

La solution correspondant à la proportion 1 pour 1 cristallise en lamelles brillantes. Le pouvoir rotatoire spécifique des cristaux est

$$[\alpha]_I = 172°,3.$$

La formule à attribuer à ce sel serait T Cu Na, $2H^2O$.

	Trouvé pour 100.	Calculé.
Dosage du cuivre pour la méthode iodométrique..........	22,71	23,33
Dosage de l'eau par dessiccation à 105-110° pendant 6 heures.	13,02	13,33

Le pouvoir rotatoire maximum a été observé sur la solution contenant 1 de T Cu et 2 de NaOH. Il semble donc qu'on se trouve en présence d'un composé défini, que j'écrirai symboliquement T Cu Na^2. Il est possible d'obtenir des solutions ayant mêmes propriétés optiques à partir de T Cu Na,

$2H^2O + NaOH$. La cristallisation de ces solutions présente des particularités sur lesquelles j'espère revenir.

DICHROÏSME. — Les trois composés cuproalcalins possèdent du dichroïsme circulaire; ce phénomène est surtout considérable pour $TCuNa^2$. Des mesures sont en cours. Il semble qu'il existe une relation entre la grandeur du pouvoir rotatoire spécifique et celle du dichroïsme.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une anomalie dans la vitesse d'évaporation de solutions d'oléate de soude et de digitonine aux dilutions élevées.* Note [1] de M. P. LECOMTE DU NOÜY, présentée par M. Ch. Moureu.

Nous avons signalé en 1924 [2] la présence de minima dans la valeur statique de la tension superficielle des solutions d'oléate de soude, minima que la thermodynamique classique ne prévoit pas. En effet, la formule de Gibbs-Thomson qui permet de calculer la différence entre la concentration de la substance en solution dans la masse du solvant et la concentration dans la couche superficielle, après que l'équilibre a été atteint, fournit une courbe continue en fonction de la tension superficielle et de la concentration. En nous basant sur le fait que, dans des conditions bien définies de volume de solution et de surface d'adsorption, ces minima se produisaient toujours aux environs immédiats des mêmes concentrations, nous avons cru pouvoir les interpréter comme étant dus à des organisations particulières de molécules et à leur orientation identique, pour un minimum donné (couches monomoléculaires).

Rappelons que, lorsque le rapport $\frac{S}{V}$ de la surface d'adsorption au volume de solution est égal à 13,2, nous avons observé un premier minimum à une concentration de 1 : 750000, un deuxième à 1 : 1220000 et un troisième à 1 : 1390000. Il est bien évident que si le rapport $\frac{S}{V}$ diminue, les minima se produisent à des concentrations encore plus faibles. De part et d'autre de ces minima la valeur de la tension superficielle statique est très voisine de celle de l'eau distillée (73,7 dynes à 18°).

---

(1) Séance du 25 avril 1927.

(2) P. LECOMTE DU NOÜY, *Phil. Mag.*, 48, 1924, p. 664; *Journ. de Phys. et le Radium*, 6, 1925, p. 145.

Le premier minimum atteint parfois la valeur de 53 dynes, le second de 60 dynes et le troisième de 67 dynes. En admettant, ce qui est bien établi, que moins de 1 pour 100 de l'oléate de soude demeure en solution et que plus de 99 pour 100 sont adsorbés, on obtient, en faisant le même calcul que Devaux a appliqué aux substances insolubles flottant en couches monomoléculaires sur l'eau, les valeurs 12,30, 7,56 et 6,64 angströms (10^{-8} cm). Ces dimensions seraient alors celles de la place occupée dans un cristal (cristal à deux dimensions dans le cas qui nous occupe) par une molécule d'oléate de soude ([1]).

Mais s'il existe ainsi à la surface de l'eau une couche monomoléculaire orientée, il semble que les molécules d'eau devraient éprouver une résistance plus grande à s'évader que dans le cas où les molécules adsorbées sont empilées en désordre les unes sur les autres, ou dans celui où leur nombre est insuffisant pour couvrir toute la surface du liquide. La vitesse d'évaporation devrait donc être diminuée. Nous avions déjà observé ce phénomène dans le cas de solutions diluées de protéines et de sérum ([2]), mais la faible dimension des molécules d'oléate de soude ne permettait pas de prévoir *a priori* qu'on pourrait l'observer expérimentalement dans ce cas. Les chiffres ci-dessous montrent néanmoins que le phénomène est parfaitement caractérisé. Le temps O a été choisi arbitrairement au moment où la première des solutions en expériences fût complètement évaporée. Les chiffres indiquent donc le temps supplémentaire requis par les autres concentrations pour que l'évaporation soit totale (moyenne de trois expériences) :

Concentration.	Temps (minutes).	Concentration.	Temps (minutes).	Concentration.	Temps (minutes).
1 : 730000	16	1 : 750000	73	1 : 765000	108
1 : 735000	40	1 : 755000	73	1 : 770000	73
1 : 740000	44	1 : 760000	109	1 : 775000	69
1 : 745000	53				

A la concentration de 1 : 760000, le retard à l'évaporation complète est donc, en moyenne, de 109 minutes, soit 1 heure 49 minutes.

Le fait que la vitesse minima d'évaporation est observée au 1 : 760000 au lieu de 1 : 750000, soit une déviation d'un peu plus de 1 pour 100, peut être dû à une erreur dans la concentration ou dans la détermination des valeurs S et V, ou à une combinaison de ces deux erreurs. On peut concevoir la

([1]) *Loc. cit.*

([2]) P. Lecomte du Noüy, *Journ. of exp. Med.*, 39, 1925, p. 717.

raison pour laquelle les solutions les plus diluées s'évaporent plus lentement que les plus concentrées (69 et 73 minutes au lieu de 40 et 44 minutes); l'explication en est que, lorsque des solutions à grandes dilutions s'évaporent, leur concentration augmente progressivement et, à un moment donné, une couche molaire peut se former. A partir de ce moment, la vitesse d'évaporation diminue.

Le tableau ci-dessous donne les résultats d'une expérience portant sur une plus grande échelle de dilutions :

Concentration.	Temps (minutes).	Concentration.	Temps (minutes).	Concentration.	Temps (minutes).
1 : 600000	0	1 : 900000	60	1 : 1220000	120 (maximum)
1 : 650000	110	1 : 950000	84	1 : 1300000	100
1 : 700000	120	1 : 1000000	96	1 : 1390000	115 (maximum)
1 : 750000	130 (maximum)	1 : 1100000	110	1 : 1400000	70
1 : 800000	80	1 : 1200000	108	1 : 2000000	20
1 : 850000	60				

Le retard de l'ordre de deux heures, dans la région qui correspond précisément aux concentrations critiques caractérisées par une tension superficielle statique minima, nous semble fournir un argument important à l'appui de l'hypothèse de l'existence de couche monomoléculaire à ces concentrations.

Le même phénomène s'observe également avec la digitonine (une saponine de poids moléculaire égal à 1386) pure cristallisée. Mais le retard maximum a lieu à une concentration de 1 : 240000, correspondant à une épaisseur de couche moléculaire de 22 ångströms environ.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constante ébullioscopique des solutions aqueuses de chlorure de potassium et équilibres moléculaires de la résorcine dans ce milieu.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Pour déterminer la constante ébullioscopique k d'une solution de chlorure de potassium, et la constante K_n [1], qui sont les seules inconnues de l'équation (6), il convient de chercher la valeur de k qui satisfait à

[1] F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 941.

l'équation

$$(7)\qquad \delta = \frac{C_2^{n-1}(n\times 110\times \Delta e_2 - a_2 k)^n}{a_2^{n-1}(na_2 k - n\times 110\,\Delta e_2)} - \frac{C_1^{n-1}(n\times 110\times \Delta e_1 - a_1 k)^n}{a_1^{n-1}(na_1 k - n\times 110\,\Delta e_1)} = 0,$$

où l'on fait $n = 2, 3, \ldots$; Δe_1 et Δe_2 étant les élévations correspondant aux concentrations C_1 et C_2; cette équation, qui est au moins de degré 3, est résolue par approximations successives.

Or on constate que, dans la plupart des cas, la différence δ (différence relative) passe par un minimum sans s'annuler; les racines seraient imaginaires, et le problème semblerait insoluble.

Mais on peut voir que l'élévation Δe_1 relative à C_1 étant fixe, il suffit de modifier très peu Δe_2 pour annuler δ.

On fait par exemple $C_1 = 1{,}00$ et l'on donne à C_2 successivement les valeurs 0,750, 0,875, 1,125 et 1,250 qui encadrent C_1. On prend alors les valeurs de k correspondant au premier passage par zéro, c'est-à-dire les valeurs relatives à l'élévation la plus voisine de celle qui rend l'écart relatif minimum, lorsqu'on fait varier antérieurement Δe_2 par millièmes de degré.

On fait ensuite varier graduellement Δe_1 jusqu'à ce que la différence ε des valeurs extrêmes de k, correspondant aux quatre couples, soit minima. k doit être obtenu avec précision, car une faible erreur commise sur cette grandeur entraîne une grosse erreur sur K_2. Cette méthode, appliquée à l'eau, a donné $K_2 = 5{,}214$, alors que la valeur généralement admise est 5,2.

1. La constante ébullioscopique k croît en même temps que la concentration en ClK.

Concentration en ClK...	0.	0,25.	0,50.	1,00.	1,225.
k....................	5,214	5,636	5,954	6,795	6,965

Du premier au dernier, l'accroissement de k est 33,6 pour 100.

2. Dans un domaine convenable de concentration on observe une très bonne constance pour K_3.

Concentration résorcine.........	1,125.	1,250.	1,375.	1,500.	1,625.	1,750.	1,875.	Moy.
K_3 (série ClK 0,5 M).........			4,08	4,08	4,31	4,22	4,19	4,17
K_3 (série ClK 1,225 M).......	2,80	2,77	2,82	2,76	2,70	2,66	2,88	2,77

De plus, K_2 et K_3 décroissent, tandis que l'association croît, lorsque la concentration en ClK augmente.

Concentration en ClK...	0.	0,25.	0,50.	1,00.	1,225.
K_2....................	2,14	2,01	1,89	1,63	1,57
K_3....................	5,19		4,17		2,77

Par suite le domaine d'existence d'équilibre, entre molécules simples et doubles, est limité à des concentrations d'autant plus basses en résorcine, que la teneur en Cl K est plus grande.

Dans l'eau pure, il va jusqu'à la concentration 1,250. Dans les solutions Cl K 0,25 M, il va jusqu'à 1,000; dans les solutions Cl K 0,50 M, il va jusqu'à 0,875; dans les solutions 1,225 M, la faible sensibilité de la méthode ébullioscopique empêche de faire des vérifications.

3. Les élévations calculées à partir des valeurs de K_2 ou K_3 indiquées ci-dessus, dans des régions d'équilibres définis, sont très voisines des élévations observées. On a pour la série 1,225 M Cl K :

Concentration résorcine.	1,225.	1,250.	1,375.	1,500.	1,625.	1,750.	1,875.
Δe observé.............	0°,685	0°,755	0°,824	0°,8885	0°,954	1°,019	1°,098
Δe calculé..............	0°,686	0°,755	0°,822	0°,889	0°,956	1°,024	1°,092

Ces résultats justifient le procédé de détermination de k.

Le rôle ébullioscopique des solutions de Cl K ne saurait s'interpréter en admettant que le Cl K et la résorcine coexistant en solution obéissent séparément à la loi de van' t Hoff, car l'application des principes de la thermodynamique conduit à retrouver pour les solutions de Cl K sensiblement la constante ébullioscopique de l'eau.

On peut trouver une explication raisonnable des faits dans la combinaison du sel (molécules ou ions) avec l'eau (solvats). Le comportement ébullioscopique des solutions de sel neutre comme Cl K doit être rapproché de l'influence des sels neutres sur un grand nombre de phénomènes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Substitution de l'éthylènediamine à l'ammoniac dans les complexes en solution.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

Dans la plupart des sels complexes ammoniés, une molécule d'éthylènediamine peut remplacer deux molécules d'ammoniac. J'ai vérifié qu'à l'ion cupritétrammonique étudié précédemment [1] correspond un ion cupridiéthylènediaminique.

J'ai mesuré, pour une longueur d'onde voisine de 6150 Å, l'absorption des mélanges équimoléculaires de nitrate de cuivre et d'éthylènediamine, en solution concentrée de sulfate neutre d'éthylènediamine [2] (400g environ par litre). Le mélange maximum

---

[1] P. Job, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 204.

[2] On prépare ce sel en neutralisant l'éthylènediamine par l'acide sulfurique, puis en évaporant la solution, ou en la précipitant par l'alcool.

contient 66 pour 100 d'éthylènediamine, et l'ion complexe formé doit s'écrire $|Cu\,en^2|^{++}$. L'étude des mélanges non équimoléculaires permet de calculer la constante d'équilibre :

$$k = \frac{C_{Cu^{++}} \times C^2_{en}}{C_{|Cu\,en^2|^{++}}} = \frac{p\Gamma^2[(p+2)x-2]^3}{(p-1)^2(2-3x)},$$

avec les notations habituelles (¹). Le complexe formé étant très stable, cette constante ne peut être déterminée qu'avec une faible précision (*loc. cit.*); elle est voisine de $1,5 \times 10^{-6}$ à 16°.

L'ion cupritétrammonique suit donc la règle générale : une molécule d'éthylènediamine s'y substitue à deux molécules d'ammoniac. Mais il existe au moins une exception à cette règle. J'ai montré (²), en effet, qu'à l'ion $Ag(NH^3)^2|^+$ correspond, dans les mêmes conditions, un ion $|Ag\,en^2|^+$, où l'ammoniac est remplacé par l'éthylènediamine molécule pour molécule. On peut penser que cette anomalie est due à la valence de l'argent et qu'elle se reproduirait avec un autre métal monovalent. J'ai recherché, par la méthode spectrographique (¹), si les sels thalleux donnent, en solution, des complexes ammoniés.

L'étude des spectres d'absorption ultraviolets des mélanges équivalents de sulfate ou de nitrate thalleux et d'ammoniaque montre nettement l'existence d'un ion thallomonoammonique $|Tl(NH^3)|^+$. Pour des concentrations différentes en thallium et en ammoniaque, le mélange maximum correspond encore à une proportion des deux constituants voisine de 50 pour 100. Il faut opérer sur des solutions saturées en nitrate thalleux et des solutions d'ammoniaque dix fois au moins plus concentrées, pour que le déplacement du maximum soit appréciable. C'est le signe d'une forte dissociation de l'ion complexe. Bien que la position exacte du maximum soit difficile à fixer (³), il est possible d'apprécier l'ordre de grandeur de la constante d'équilibre

$$k = \frac{C_{Tl^+} \times C_{NH^3}}{C_{|Tl(NH^3)|^+}} = \frac{\Gamma[(p+1)x-1]^2}{(p-1)(1-2x)},$$

elle est voisine de 7 à 16°.

Mais on peut évaluer cette constante avec plus de précision, par des mesures de solubilité. Si, en effet, l'ion complexe $Tl(NH^3)$ se forme en solution, le chlorure thalleux doit être plus soluble dans l'ammoniaque que dans l'eau pure.

(¹) P. Job, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 928, 1108 et 1932; **182**, 1926, p. 632 et 1621.

(²) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 442.

(³) Le maximum est très aplati et les sels thalleux ont eux-mêmes une absorption qui n'est pas négligeable dans la région d'absorption du complexe.

J'ai mesuré les solubilités du chlorure thalleux dans l'eau et dans les solutions ammoniacales de concentration variable (de 9,6 à 2,35 molécules par litre). Le thallium était dosé, après neutralisation, par le permanganate (1). Soient a et b les volumes de ce réactif correspondant au même volume de solution aqueuse et de solution ammoniacale. En écrivant l'équation du produit de solubilité et la réaction de formation du complexe, on obtient la formule $k = C_{NH^3} \times \frac{a^2}{b^2 - a^2}$.

Les nombreuses mesures que j'ai effectuées montrent un accroissement notable de la solubilité du chlorure thalleux, par addition d'ammoniaque; elles donnent pour k des valeurs se groupant, à quelques pour cent près, autour de la valeur moyenne 8,3. Ces résultats confirment entièrement ceux de la méthode spectrographique.

Les deux mêmes procédés appliqués aux sels thalleux et à l'éthylènediamine montrent l'existence d'un ion complexe $|\mathrm{Tl\ en}|^+$ plus stable que le complexe ammonié. La constante d'équilibre relative à ce complexe est égale à 4×10^{-1} à 16° (2).

On peut donc considérer comme démontrée l'existence en solution des ions thallo-monoammonique et monoéthylènediaminique. Contrairement à la règle habituelle, vérifiée pour le complexe cuivrique, et comme dans le cas de l'argent, l'éthylènediamine y remplace l'ammoniac molécule pour molécule.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la spectrographie de fluorescence à l'examen des composés organiques.* Note de M. **A. Andant**, présentée par M. A. Cotton.

On a cherché à identifier les composés organiques et à en déceler les falsifications en observant leur fluorescence excitée par les radiations ultraviolettes voisines de 3650 Å que laisse passer un écran de verre au nickel.

La simple observation à l'œil de la couleur de fluorescence n'est pas suffisante pour l'identification : elle ne peut offrir ni précision, ni sécurité. La fluorescence s'étend pour la plupart des corps dans le domaine visible

(1) Noyes, *Zts. phys. Chem.*, 9, 1892, p. 603.

(2) La méthode spectrographique donne pour l'ordre de grandeur de cette constante la valeur 0,5 en parfait accord avec les mesures de solubilité.

des radiations, du vert au violet : pour l'œil, des composés très différents peuvent avoir des fluorescences semblables.

Une seule méthode précise ([1]) a été proposée jusqu'ici; elle a été appliquée avec succès par Bayle et Fabre ([2]) à la purification de l'hydrastine. La répartition de l'énergie dans les spectres de fluorescence étudiés au spectrophotomètre est représentée par une courbe qui se modifie avec la pureté de l'alcaloïde.

J'ai cherché à obtenir directement des courbes caractéristiques de la fluorescence par la spectrographie et l'enregistrement microphotométrique.

La source lumineuse employée est un arc à mercure en quartz à grand éclat, type Cotton ([3]). J'emploie un séparateur de radiations en quartz pour isoler la radiation excitatrice, même quand il s'agit de la raie 3652, qui est ainsi plus pure que par filtration au verre de Wood.

Une cuve parallélépipédique étroite, en quartz, à double fond, est placée contre la fente d'un spectrographe. Dans la partie inférieure de cette cuve on met un liquide pur ou une solution-type; dans la partie supérieure, le liquide à étudier. Avec un prisme de quartz, on peut amener l'image monochromatique de la fente du séparateur dans le plan passant par la fente et l'axe du spectrographe, sur la face interne de la paroi latérale de la cuve, et tout près d'un angle. La fente du spectrographe reçoit ainsi la lumière de fluorescence sans qu'elle soit absorbée par une couche de liquide non éclairée.

On prend sur la même plaque quatre séries de spectres avec des poses différentes produites par un obturateur mû par un cylindre enregistreur sur lequel les temps s'inscrivent. Les poses varient pour les corps étudiés de 5 à 15 heures, avec le spectrographe employé (fente $0^{mm},1$ à $0^{mm},5$) et les plaques orthochromatiques utilisées. On obtient sur le cliché, pour chaque partie de la cuve, quatre spectres d'intensité différentes : la comparaison directe à l'œil nu est facile.

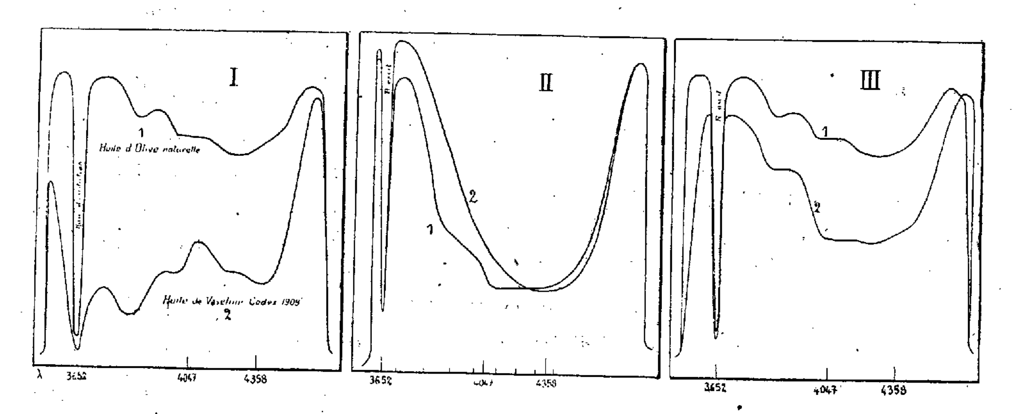
L'application de ce dispositif à l'étude de paraffines et d'huiles a mis en évidence la nécessité de la photographie pour l'étude de la fluorescence. En effet, des échantillons de diverses natures, irradiés dans les mêmes conditions, ont des fluorescences qui semblent à l'œil nu d'intensité et de colora-

---

([1]) H. George et E. Bayle, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1895.
([2]) E. Bayle et R. Fabre, *J. de Pharm. et de Chim.*, **1**, 1925, p. 248.
([3]) A. Cotton, *J. de Physique*, **8**, 1927, p. 14 S.

tion très peu différentes, mais les clichés montrent des bandes nettement différenciées par l'intensité et la position.

On obtient des courbes caractéristiques de ces spectres de fluorescence en étudiant directement les clichés au microphotomètre enregistreur de Lambert et Chalonge (¹).



Sur la figure, sont reproduits, en I, II et III, de tels enregistrements (réduction : 1/4).

I. Les spectres de deux liquides qui ont à l'œil des fluorescences de même couleur présentent des bandes bien différenciées (1, huile d'olive naturelle; 2, huile de vaseline, Codex 1908).

II. Les spectres de l'huile de ricin obtenue par expression à froid (courbe 1) et de la même huile qui a été exposée pendant 100 heures aux radiations de l'arc à mercure dans un tube de quartz (courbe 2) sont très différents. La bande intense (3870-4050) a disparu sur le second spectre. Il en est de même pour une huile de ricin ayant séjourné à l'air plusieurs mois.

III. L'huile d'olive naturelle donne un spectre avec des maxima d'intensité voisins de 3850, 4050, 4260 (courbe 1); l'huile raffinée et l'huile de pulpe, plus fluorescentes que l'huile naturelle, donnent des spectres différents; l'addition d'huile de pulpe à cette dernière (5 à 6 pour 100) modifie de façon sensible le spectre (courbe 2) alors qu'il n'apparaît, pas plus que dans le cas précédent, de différence appréciable à l'œil.

Ces exemples montrent l'intérêt de la spectrographie de fluorescence appliquée à l'analyse. La méthode permettra l'examen de produits rares, en opérant sur de très petites quantités, et sans les détruire.

(¹) P. Lambert et D. Chalonge, *Rev. Opt.*, 5, 1926, p. 404.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Transformations subies par les bronzes d'aluminium.* Note de M. **Jean Bouldoires**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai déjà présenté (¹) quelques faits remarquables observés sur un bronze d'aluminium à 87 pour 100 de cuivre : transformations non encore signalées, aptitude à prendre la trempe à l'air; phénomènes mis en relief par l'étude micrographique et celle des propriétés électriques.

Les recherches poursuivies m'ont permis de mettre en vue quelques nouveaux points intéressants, notamment au cours de l'étude des phénomènes d'analyse thermique et de thermo-électricité.

Analyse thermique. — Ce même alliage (Cu = 87 pour 100), de structure (sol. γ + eutectoïde), étudiée sur dilatomètre différentiel Chévenard — le pyros étant pris comme métal de comparaison — après un recuit préalable de 5 heures à 850° suivi d'un refroidissement lent en 15 heures présenta les anomalies dilatométriques suivantes :

1° *Au chauffage.* — (La température de l'éprouvette étant portée de 20° à 800° C. en 2 heures 45 minutes.)

Très forte anomalie avec absorption de chaleur vers 325°, puis anomalies d'importance beaucoup moindre à 500°, 550°, 775°.

Les courbes enregistrées au cours des essais précédents accusaient un simple changement de direction vers 325°, puis des transformations beaucoup plns importantes à 515° et 570°.

Il résulte du dernier essai un très fort accroissement de cette première anomalie à 325°, au détriment de celles ayant lieu à des températures plus élevées.

L'éprouvette ayant subi entre temps plusieurs recuits à 850°, on peut donc émettre l'hypothèse que cette transformation presque inaperçue au cours des premiers essais a vu son importance croître par suite des recuits intermédiaires auxquels fut soumis cet échantillon, recuits ayant permis d'arriver à un état plus complet de stabilité.

2° *Au refroidissement.* — Les éprouvettes étant chauffées à 800° dans un four électrique à résistance, le refroidissement était effectué à l'air libre.

La vitesse de refroidissement était augmentée en envoyant au moyen d'un dispositif spécial un jet d'air comprimé.

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 660.

On passait ainsi de 800° à 100° C. en 4 minutes 10 secondes dans le premier cas et en 1 minute 45 secondes dans le second.

L'examen des courbes enregistrées a donné les résultats suivants :

a. Refroidissement à l'air libre. — Changement de direction de la courbe vers 500°.

b. Refroidissement sous un jet d'air comprimé. — Très forte anomalie avec dégagement de chaleur vers 125°-150°.

La transformation ayant lieu au chauffage à 325° s'est donc trouvée rejetée vers 125°-150° au refroidissement, à condition toutefois que celui-ci ait une vitesse suffisante.

Cet alliage trempant à l'air, les faits précédents sont une confirmation des théories générales des phénomènes de trempe : pour qu'un alliage subisse une trempe, il faut refroidir avec une vitesse suffisante pour que la transformation au refroidissement n'ait lieu qu'à une température très basse.

Dans les aciers, où ce phénomène a lieu à 300°, la structure est martensitique, structure qui est précisément celle de l'alliage étudié, après une trempe à l'air.

Thermo-électricité. — Le couple thermo-électrique était constitué d'une part, par un barreau de l'alliage étudié (diamètre 8^{mm}, longueur 130^{mm}), de l'autre, par un fil de cuivre pur de $0^{mm},8$ de diamètre. Un bain de mercure chauffé par une résistance électrique formait la soudure.

Toutes les mesures étaient effectuées la soudure étant portée à 120°.

a. Après trempe. — Les barreaux subissaient une trempe à l'eau après chauffage de 1 heure aux températures suivantes : 500°, 530°, 600°, 800°.

Les valeurs des forces électromotrices accusaient une très forte diminution entre des trempes à 530° et 600°.

Résultats en dimillivolts.

État recuit.	Trempes à 500°.	530°.	600°.	800°.
4,50	4,35	4,05	2,35	2,50

L'allure de la courbe des forces électromotrices présente d'autre part une analogie frappante avec celle de la résistance électrique.

b. Après trempe et revenus. — Le même échantillon, soumis après chaque trempe à des revenus faits à des températures croissantes, a vu les valeurs de la force électromotrice accuser une baisse très brusque pour des températures de revenu de 600° suivant des trempes à 500° et 530°.

Après une trempe à 600°, on note un maximum pour des revenus à 500°-530°, puis une chute brusque à 600°.

Résultats en dimillivolts.

	Sans revenu.	Températures de revenu. 300°.	500°.	530°.	600°.	800°.
Trempe à 500°.....	4,35	4,25	4,25	4,30	1,22	1,35
» 530°.....	4,05	4,35	4,10	4,10	1,12	1,30
» 600°.....	2,35	2,50	4,32	4,30	1,15	1,13
» 800°.....	2,50	1,59	1,55	1,55	1,38	1,20

Cet abaissement brusque avait déjà été constaté aux mêmes températures lors de l'étude de la résistance électrique.

Conclusion. — D'une façon générale, ces recherches montrent la grande complexité des transformations subies par cet alliage, mises en relief par l'étude de la thermo-électricité, et apportent une confirmation aux théories des phénomènes de trempe.

CHIMIE ORGANIQUE ET THÉRAPEUTIQUE. — *L'isomérie de l'acide p-hydroxyphénylarsinique* $OH\langle C_6H_4\rangle AsO^3H^2$. Note [1] de M. **G. Gilta**.

Les deux principales méthodes de préparation de cet acide sont :

1° La diazotation de l'acide *p*-arsanilique et chauffage du diazonium à 70° C. [2];

2° La fusion arsenicale du phénol [3].

Les composés obtenus par ces méthodes, mais isolés sans passer par les sels, sont différents au point de vue cristallographique. Les constantes sont respectivement :

Acide *p*-hydroxyphénylarsinique.	Système.	β.	Paramètres *a* : *b* : *c*.
Par diazotation.......	monoclinique	92°,17	0,4483 : 1 : 0,4936
Par fusion arsenicale...	»	91°, 4	2,4652 : 1 : 0,7968

On pouvait supposer que l'existence de ces deux formes constituait un cas de polymorphisme; mais le fait que chacun de ces acides donne un sel

(1) Séance du 11 avril 1927.
(2) *Ber. D. Chem. G.*, 41, 1908, p. 1854.
(3) Brevet allemand n° 205 616.

de baryum et que les dérivés mononitrés sont aussi cristallographiquement différents, fait plutôt admettre l'existence de deux isomères. Au point de vue de la constitution chimique, il est rationnel de faire l'hypothèse d'une forme benzénique et d'une forme quinonique

$$\mathrm{OH}\langle\quad\rangle\mathrm{AsO}\langle^{\mathrm{OH}}_{\mathrm{OH}}. \qquad \mathrm{O}=\langle\quad\rangle=\mathrm{As}\begin{matrix}\diagup\mathrm{OH}\\ -\mathrm{OH}\\ \diagdown\mathrm{OH}\end{matrix}.$$

La forme obtenue par la fusion arsenicale du phénol se transforme spontanément, mais très lentement, en l'autre. On peut activer cette transformation en portant des solutions aqueuses à l'ébullition et en amorçant, après refroidissement, avec un cristal de la forme obtenue par diazotation de l'acide *p*-arsanilique.

Les sels de baryum donnent les constantes suivantes :

p-hydroxyphénylarsinate de Ba.	Système.	β.	Paramètres *a* : *b* : *c*.
Par diazotation...........	monoclinique	93°,34	1,0535 : 1 : 1,1766
Par fusion arsenicale......	orthorhombique	90°	1,4881 : 1 : 1,1014

A l'inverse de ce qui se passe pour les acides, c'est la forme de diazotation qui se transforme assez rapidement en l'autre.

Acide 3-nitro-4-hydroxyphénylarsinique :

$$\mathrm{OH}\langle\underset{\mathrm{NO^2}}{\quad}\rangle\mathrm{AsO^3H^2}.$$

Ce composé est déjà décrit comme existant sous deux formes, une forme blanche constituée par un enchevêtrement de fines aiguilles et une forme cristalline de couleur ambrée. En nitrant séparément les acides *p*-hydroxyphénylarsiniques isomères on obtient séparément ces deux formes. L'acide de diazotation a donné exclusivement de gros cristaux jaune ambré tricliniques; l'acide de fusion exclusivement de fines aiguilles blanches.

Acide 3.5-dinitro-4-hydroxyphénylarsinique :

$$\mathrm{OH}\langle\overset{\mathrm{NO^2}}{\underset{\mathrm{NO^4}}{\quad}}\rangle\mathrm{AsO^3H^2}.$$

La dinitration des deux formes d'acides *p*-hydroxyphénylarsiniques isomères et la nitration de leurs dérivées nitrés ont donné le même composé

cristallin. Ses constantes cristallographiques sont les suivantes :

Système monoclinique $\beta = 113° - a : b : c = 1,8272 : 1 : 1,6728$

Un cas d'isomérie analogue se présente également pour l'acide 3-méthyl-4-hydroxyphénylarsinique dont je poursuis actuellement l'étude

$$OH\langle\quad\rangle AsO^3H^2.$$
$$CH^3$$

L'acide *p*-hydroxyphénylarsinique et son dérivé mononitré servant à la fabrication de composés employés en thérapeutique, on peut supposer que les produits finaux existent également sous deux formes isomères. La proportion plus ou moins grande de l'un d'eux est peut-être un facteur de variabilité quant à l'index chémothérapeutique.

GÉOLOGIE. — *Nappes hercyniennes et plis de fond pyrénéens du Massif des Maures.* Note de M. **A. Demay**, présentée par M. Pierre Termier.

Suivant les conclusions d'une Note préliminaire (¹), le mouvement pyrénéo-provençal, qui a détaché dans les Maures un système d'écailles, ne masque pas la tectonique hercynienne. Des zones mylonitiques et, en particulier, celle de Grimaud « témoignent de l'existence de surfaces de poussée et peut-être de véritables nappes dont l'âge antéstéphanien est démontré ». Plus récemment, j'ai mis en évidence le décollement du massif, le long du contact anormal de Grimaud, depuis la Méditerranée jusqu'à la dépression permienne.

L'importance et la continuité des phénomènes dynamiques le long d'une limite pétrographique imposent maintenant avec force l'idée du *charriage de toute la partie occidentale des Maures sur les gneiss de Saint-Tropez* de la partie orientale. On ne saurait plus douter que, dans cet ensemble décollé, les gneiss de Bormes représentent le noyau anticlinal d'un pli puissant déversé vers l'Est et probablement couché si l'on tient compte de l'inclinaison assez faible des micaschistes, en avant de son front actuel, à l'est d'Aiguebelle et jusque dans la région du Canadel et du Rayol.

De même, la surface de poussée de Grimaud redressée ainsi que le Houiller et le Cristallophyllien dans le synclinal poststéphanien du Plan-de-

(¹) A. Demay, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 402, et **184**, 1927, p. 831.

la-Tour s'aplatit vraisemblablement en profondeur sous ces micaschistes peu inclinés. Bien qu'un recouvrement important ne soit pas démontré, on doit donc attribuer au pli déversé de Bormes la valeur d'une *véritable nappe, qui chevauche les micaschistes de la nappe de Grimaud, charriée elle-même sur les gneiss de Saint-Tropez*. La liaison pétrographique des gneiss de Bormes et des micaschistes à minéraux dans la nappe de Bormes et le raccord probable de celle-ci à la nappe sous-jacente conduisent à les grouper dans un ensemble tectonique plus important ou *nappe des Maures*.

Le dispositif hercynien des Maures s'est réalisé en deux phases. Les mouvements essentiels sont antéstéphaniens et dirigés de l'Ouest vers l'Est. Des plissements aigus, avec renversement apparent de la poussée, ont favorisé ensuite la formation des cuvettes houillères et atteint leur paroxysme après le dépôt du Stéphanien. Ils redressent et renversent même localement la surface de charriage de Grimaud. M. P. Termier, pour le Plateau Central, M. Lugeon, pour une partie des Alpes occidentales, ont également distingué deux phases hercyniennes, dont la plus importante est antéstéphanienne.

J'ai pu constater sur plusieurs points que le granite porphyroïde du Plan-de-la-Tour injecte et pénètre la zone mylonitique de Grimaud. Sur le chemin du col des Moulières au col des Cauvins au sud de la cote 344, une pegmatite intacte à grands cristaux d'orthose, qui se relie au granite immédiatement voisin, lui-même pegmatitique, forme des digitations au milieu des gneiss mylonitiques; sur la rive droite du Couloubrier, le granite, avec son faciès normal et tout à fait intact, est en contact direct avec les gneiss fortement laminés. Sur d'autres points, aux abords des microgranulites et pegmatites de bordure du massif, une large recristallisation des mylonites est mise en évidence par l'examen micrographique. *Le granite porphyroïde du Plan-de-la-Tour, postérieur au charriage de la nappe de Grimaud, est un granite jeune du cycle hercynien,* comparable aux granites tertiaires de la chaîne alpine, particulièrement à celui de Bergell, de faciès identique, qui, suivant M. Rud. Staub, traverse les nappes pennines des Grisons.

Par la puissance et la nature des masses engagées, par la succession de noyaux anticlinaux et synclinaux, par les replis ultérieurs, les nappes mauresques ressemblent d'ailleurs un peu aux nappes pennines. Les gneiss œillés et granitoïdes de Bormes équivalent aux micaschistes et gneiss œillés du Permo-carbonifère métamorphique, tandis que les phyllades, micaschistes et amphibolites de la partie occidentale des Maures, corres-

pondent aux Schistes lustrés. *Les nappes mauresques, plus cassantes, semblent pourtant, comme les nappes pennines, mettre en jeu un matériel neuf d'origine géosynclinale.*

L'étude du contact anormal de Grimaud confirme l'existence de l'accident tertiaire de la Molle et montre par ailleurs la rigidité du massif à cette époque. Il semble donc qu'on doive attribuer la variation d'allure (¹) du contact sur le bord nord du massif, non au prolongement de l'accident de bordure dans le cœur du massif, mais *à une variation axiale de la déformation*. Dans la partie occidentale, il y *a charriage effectif* sur le Permien, tandis que, plus à l'Est, le mouvement s'est arrêté à un stade antérieur, celui du *renflement préliminaire avec charriage latent* (²).

Les mouvements pyrénéens des Maures, pincement du Permien, poussée d'écailles ou forcement de coins, décalage des assises cristallophylliennes et du contact hercynien de Grimaud, charriage effectif ou latent sur le bord nord du massif, cassure longitudinale de Roquebrune, sont *des plis de fond* (³) *typiques* ou *des accidents connexes*.

On aperçoit maintenant les traits essentiels de la tectonique des Maures. Le mouvement hercynien y a comporté deux phases. *Durant la phase antéstéphanienne se forment des nappes de géosynclinal*, intermédiaires entre les grands plis couchés de style pennin et les nappes du second genre de M. P. Termier. Toute la partie occidentale du massif est charriée de l'Ouest vers l'Est sur les gneiss de Saint-Tropez. *Les mouvements en retour d'une seconde phase plissent* à angle aigu les formations stéphaniennes et redressent la surface de charriage de Grimaud. *La venue granitique du Plan-de-la-Tour* est un *phénomène hercynien postérieur aux charriages*. Plus tard, les *plis de fond pyrénéens* soulèvent, déforment et cassent le bloc rigide des nappes hercyniennes des Maures, sans modifier beaucoup le dessin de l'ancienne structure.

(¹) Cette variation d'allure, indiquée par M. Alb. Michel-Lévy, a été précisée par M. L. Lutaud, qui a apporté une contribution importante à la connaissance des accidents pyrénéens des Maures dans sa belle *Étude tectonique et morphologique de la Provence cristalline*, Paris, 1924, passim.

(²) Au sens défini par M. Argand (*Congrès géol. int., Bruxelles*, 1922, p. 334).

(³) Au sens défini par M. Argand.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Anomalies de longue durée dans la propagation des ondes courtes.* Note de M. **R. Bureau**, présentée par M. G. Ferrié.

L'étude expérimentale de la propagation des ondes comprises entre 20^m et 115^m de longueur d'onde, soit à des distances faibles (1500^{km} autour de Paris), soit entre la France et des navires dans l'Atlantique Nord, m'a amené à signaler en juin 1926 (¹) une loi régulière qui, dans l'ensemble, régit cette propagation; les écarts par rapport à cette loi devant être considérés comme des anomalies (provoquées par des causes locales, météorologiques, etc.); voici comment cette loi peut se résumer : l'intensité de réception d'une onde de longueur λ à une distance d présente deux minima : l'un vers midi qui s'affirme quand λ et d augmentent et l'autre vers minuit qui est d'autant plus marqué que λ et d diminuent (si d est assez fort pour que l'onde directe n'agisse pas); l'un ou l'autre de ces minima peut s'atténuer et presque disparaître pour des couples convenables des valeurs d et λ; on peut donc avoir pour chaque distance des ondes se propageant le jour et non la nuit.

On était à la même époque parvenu en Amérique (²) à des résultats semblables et l'on en avait donné l'explication suivante : le minimum de jour est dû à l'absorption provoquée par l'ionisation, absorption dont l'action croît avec la longueur d'onde; le minimum de nuit est dû à une courbure insuffisante des rayons, courbure qui décroît quand la longueur d'onde diminue. L'augmentation de l'ionisation due au rayonnement solaire dans les couches de l'atmosphère où cheminent les ondes suffit donc pour expliquer la loi régulière ci-dessus.

La suite des recherches expérimentales assurées en France pour des distances comprises entre 10^{km} et 1500^{km} m'a amené à observer que cette loi régulière que je nommerai A n'était pas seulement troublée par des phénomènes accidentels et désordonnés, mais qu'il s'y superposait parfois une action de longue durée et qui allait en s'accentuant de semaine en semaine. Cette action que je nommerai action B ne se fait sentir que sur

---

(¹) A la séance du 11 juin 1926 de la deuxième Commission du Comité français de l'Union radiotélégraphique scientifique internationale (*Onde électrique*, 6, 1927, p. 168).

(²) Heising, Schelling et Southworth, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 14, 1926, p. 613.

des longueurs d'onde assez courtes (inférieures à 50^m) sans paraître affecter sérieusement les longueurs d'onde supérieures. Elle a pour effet de renverser en quelque sorte l'effet de l'action A, de telle manière que, par exemple, des ondes de 30^m apparaîtront plus tôt avant le lever du soleil que des ondes de 48^m et que des ondes de 20^m présenteront une extinction à midi là où celles de 30^m continuent à se propager librement. Tout se passe comme si, au delà d'une certaine limite, le raccourcissement de la longueur d'onde améliorait la propagation de nuit et nuisait à la propagation de jour.

Comme ce phénomène se présente pendant de longues périodes au cours desquelles il va s'accentuant, on ne saurait l'attribuer au passage des perturbations météorologiques de la basse atmosphère. Il semble plus indiqué d'en rechercher la cause, comme on l'a fait pour A, dans les propriétés physiques de la très haute atmosphère et en particulier dans les variations de son ionisation.

Une variation de l'ionisation avec l'altitude, qui se produirait toujours dans le même sens (par exemple un accroissement régulier de cette ionisation avec l'altitude), serait incompatible avec le fait que, pendant certaines périodes, des ondes plus courtes se propagent mieux la nuit que des ondes plus longues. Pour expliquer ce résultat expérimental, il faut supposer que la loi de variation de l'ionisation avec l'altitude est alternativement croissante et décroissante. Supposons par exemple que cette ionisation présente deux maxima à deux altitudes h et H (où $H > h$). Tout se passera comme s'il y avait deux couches ionisées à ces deux altitudes. Voici un mode d'action très vraisemblable qui permet alors d'expliquer de très nombreuses anomalies de la propagation et, en particulier, celles relatées ci-dessus. La loi de propagation A serait due à la première couche h qui serait très sensible à l'action solaire. La propagation du type B serait régie par la couche H pour les ondes dont la courbure est assez faible pour qu'elles traversent h. Les rayons d'une onde λ_1 atteignant H pourraient être ramenés au sol avant les rayons d'une onde λ_2 plus grande mais entièrement réfractée par h. Ceci pourra avoir lieu si la couche H est moins sensible à la variation diurne que la couche h. D'autre part, les rayons réfractés par H seront également réfractés au retour par la couche h et déviés vers le haut; ce phénomène sera d'autant plus sensible que la couche h sera plus ionisée et que la distance sera plus grande. Ainsi on peut expliquer pourquoi il arrive qu'à midi on reçoive l'onde de 30^m alors

que l'onde de 21^m ne passe plus quand la distance *dépasse* quelques centaines de kilomètres [1].

L'étude des variations du magnétisme terrestre a conduit à supposer l'existence de deux couches ionisées [2], l'une à l'altitude de 50^{km} présentant une variation diurne marquée et l'autre à l'altitude de 90^{km} localisée en deux larges calottes autour de chaque pôle. L'existence de ces deux couches s'accorderait entièrement avec le mécanisme proposé ci-dessus pour expliquer les anomalies de longue période que l'expérience nous révèle dans la propagation des ondes courtes.

BOTANIQUE. — *Origine botanique de l'Ipéca strié mineur*. Note de MM. **Jacques Maheu** et **J. Chartier**, présentée par M. L. Guignard.

L'Ipécacuanha strié mineur ou Ipécacuanha strié noir ou dur, Ipécacuanha des Mines d'or, n'a ni l'apparence extérieure, ni la structure anatomique des Ipécas officinaux; ces caractères révèlent une origine botanique toute différente, jusqu'alors indéterminée. L'étude d'une racine, provenant du Brésil, nous a permis d'établir l'origine de cette espèce.

La plante, cultivée en serre à Paris, donna des tiges volubiles avec fleurs et fruits. C'était, à n'en pas douter, une *Rubiacée* ne pouvant se rattacher ni aux *Uragoga*, ni aux *Psychotria*.

L'analyse de la plante et la comparaison avec les spécimens authentiques de l'herbier du Muséum nous permirent de l'identifier d'une façon certaine. Il s'agissait du *Manettia ignita* Schuman = *Manettia cordifolia* Mart.

Le genre *Manettia*, localisé dans l'Amérique du Sud, renferme 26 espèces. La plante examinée diffère des *Uragoga* vrais par ses volumineux vaisseaux et des *Psychotria* par ce même caractère et la présence d'amidon dans le parenchyme.

Elle présente, au contraire, tous les caractères anatomiques de l'Ipéca

(1) Par suite de la variation diurne de l'ionisation de la couche *h*, les longueurs d'onde qui pourront atteindre H de jour seront beaucoup plus courtes que celles qui pourront l'atteindre de nuit. La réfraction vers le haut au retour ne pourra donc se produire que pour ces ondes très courtes.

(2) S. Chapman, *A discussion on ionisation in the atmosphere* (*The Fleetway Press ltd,* London, 1925).

dit *strié mineur* dont l'origine botanique était restée inconnue jusqu'ici.

L'examen chimique de plants poussés en serre nous a montré la présence d'alcaloïdes et, en particulier, d'émétine (Réaction de Peroni positive).

Le dosage des alcaloïdes totaux, par épuisement éthéro-chloroformique en milieu ammoniacal, nous a donné les résultats suivants :

	Alcaloïdes pour 100 de poudre séchée, à + 100°.
Poudre totale de feuilles et tiges........................	0g,1559
Poudre totale de racines................................	0g,1930
Poudre de racines préparée en recueillant les trois quarts de la substance mise en œuvre..........................	0g,2127

Nous avons fait comparativement ce dosage sur un échantillon commercial d'Ipéca strié mineur qui nous a donné 0g,1426 d'alcaloïdes pour 100 de poudre totale de racine séchée à + 100°.

Des résultats obtenus sur les deux échantillons de poudre de racines préparés différemment, il nous semble qu'on puisse conclure que, comme dans l'Ipéca annelé officinal, les alcaloïdes se trouvent localisés dans la partie externe de la racine.

Le *Manettia ignita* Schum. très répandu dans l'Amérique du Sud, le Brésil, croît également sur le bord des ruisseaux, dans les plaines du Pérou et de Bolivie, où il semble être employé soit comme succédané, soit comme falsification de l'Ipéca officinal.

Dans l'herbier du Muséum de Paris, où cette plante porte les noms de *Junho*, *Mäto*, *Lastran*, nous voyons, sur l'étiquette d'un échantillon reçu au Muséum le 15 mai 1883, la mention suivante : Bords de l'Uruguay, cultivée chez Buckental. Enfin, sur une des étiquettes provenant de l'herbier Glaziou 1882, la plante déterminée comme *Manettia cordifolia* Mart. porte le nom indigène : Ipécacuanha ou Paija.

En résumé, l'Ipéca strié mineur serait produit par le *Manettia ignita* Schum., de la famille des Rubiacées.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Minimum de toxicité d'un mélange de deux sels à l'égard des végétaux.* Note de MM. **L. Maume** et **J. Dulac**, présentée par M. Marin Molliard.

Deux solutions, l'une S de NaCl (0,12 mol-gr), et l'autre S' de $CaCl^2$ (0,164 mol-gr), sont telles que, employées séparément pour y faire

végéter du blé, elles limitent l'allongement radiculaire de façon sensiblement égale (longueur des racines $= 55^{mm}$), autrement dit elles ont même pouvoir toxique.

La série des solutions qu'on peut obtenir par le mélange de ces deux liqueurs types a été explorée par Osterhout ([1]) au point de vue de sa toxicité à l'égard du blé au début de sa végétation. Cet auteur a constaté la présence d'un minimum de toxicité, correspondant au mélange en volume $0,95 + 0,05\,S'$ (longueur des racines $= 435^{mm}$) (voir figure).

Sur l'axe horizontal SS', comptons à partir du point S les proportions centésimales en volume de la solution S' dans le mélange; marquons en ordonnées négatives les allongements des racines correspondant à ces abscisses successives : le minimum de toxicité correspond à l'abscisse $S' = 0,05$.

Nous avons déterminé à l'appareil de Kohlrausch les résistances électriques des deux séries de solutions qu'on obtient en ajoutant d'une part à S, d'autre part à S' des volumes croissants d'eau.

Comptons maintenant en ordonnées positives les coefficients d'ionisation correspondant aux abscisses précédemment choisies, coefficients calculés à partir des conductibilités électriques; nous obtenons les deux courbes du graphique 1.

On note alors le fait suivant : *le minimum de toxicité a même abscisse que le point de rencontre de deux courbes d'ionisation* ([2]).

Cette relation peut être généralisée à différents mélanges en changeant chaque fois la nature d'un des cations : en substituant successivement dans le mélange précédent ($NaCl + CaCl^2$), le potassium au sodium, puis le magnésium au calcium, on aboutit à la combinaison de trois nouveaux mélanges

(2) $KCL + CaCl^2$; (3) $NaCl + MgCl^2$; (4) $KCl + MgCl^2$.

On détermine la concentration des solutions de KCL et de $MgCl^2$ à utiliser au moyen de plusieurs séries de cultures sur solutions potassiques ou magnésiennes de plus en plus concentrées. Celle pour laquelle l'allongement radiculaire est de 55^{mm} est adoptée; c'est la concentration type de toxicité égale à celle de NaCl et de $CaCl^2$; elle est de 0,06 mol-gr pour $MgCl^2$ et de 0,15 mol-gr pour KCl.

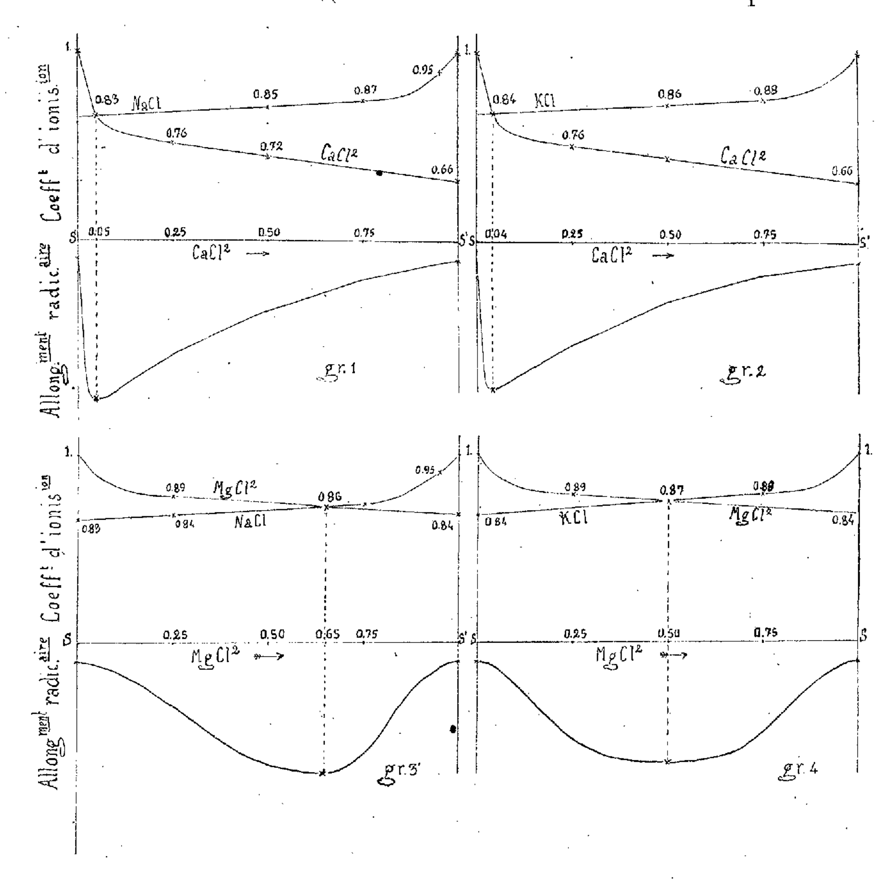
Si l'on explore la série des nouveaux mélanges (2), (3), (4), avec du blé

---

(1) OSTERHOUT, *Bot. Gaz.*, 58, 1914, p. 178.

(2) L. MAUME et J. DULAC, *C. R. Soc. Biol.*, 95, 1926, p. 23.

en germination, on constate que, dans chaque cas, la longueur des racines inscrit une nouvelle courbe d'antitoxicité comparable à celle du mélange $NaCl + CaCl^2$ (1); enfin si l'on note pour chaque valeur de l'abscisse l'ionisation des solutions (dans les mêmes conditions précédemment



décrites), on obtient les graphiques 2, 3, 4 où on lit clairement que le *minimum de toxicité de chaque mélange a encore même abscisse que le point de rencontre des deux courbes d'ionisation.*

Ainsi s'établit une définition physico-chimique du minimum de toxicité d'un mélange de deux sels.

(1) Il n'entre pas dans le cadre de l'étude actuelle d'étudier les maximums absolus que peuvent atteindre les racines; nous avons simplement noté les allongements simultanément atteints au bout d'un temps donné (un mois environ).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur deux greffes nouvelles.*
Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Parmi les conditions de réussite des greffes formulées depuis longtemps par les Anciens et développées par les Modernes figure la similitude de structure et des rythmes de végétation chez les plantes qu'on cherche à unir entre elles, quel que soit le mode de greffage auquel on a recours. J'ai déjà montré ([1]) par des exemples démonstratifs que les caractères invoqués, tout en ayant une action plus ou moins prononcée sur le succès de l'opération, n'ont point le caractère absolu qu'on leur a donné. Ainsi, par une éducation progressive du *Myosotis palustris* et du Cresson de fontaine cultivés en milieux de plus en plus secs, j'ai pu greffer le premier sur l'Héliotrope et le second sur le Chou.

Poursuivant ce genre de recherches, j'ai essayé le greffage du *Crambe maritima*, espèce des bords de la mer, sur le Chou fourrager, espèce de l'intérieur, et la greffe a réussi. C'est la première fois que l'on a obtenu l'union entre une Crucifère à silicule indéhiscente et une autre Crucifère à silique. Ces deux espèces ne sont pas seulement assez éloignées dans la classification, mais elles ont une structure et des modes de développement différents, puisque le *Crambe* est vivace par ses parties souterraines charnues tandis que le Chou est bisannuel.

La première année de greffe, le *Crambe* a seulement donné une rosette de feuilles superbes, de coloration violacée très vive. A la seconde année, sa tige a formé au sommet de la tige du Chou un tubercule sur lequel sont apparues une pousse à fleurs et des pousses de remplacement pour l'année suivante. La couleur des feuilles et la rapidité de la montée à fleurs ont été modifiées. Les feuilles sont restées plus petites et de couleur plus pâle; la floraison a été retardée. Les Altises ont plus vivement attaqué les conjoints que les témoins non greffés.

J'ai également réussi à greffer une plante grasse, le *Kleinia articulata*, sur la Cinéraire hybride, variété *polyantha*, c'est-à-dire deux Composées à structures et modes de vie très différents. En effet, le *Kleinia* a des parenchymes plus développés que la Cinéraire et des bois plus réduits, plus tendres; il est adapté à la sécheresse quand la Cinéraire ne l'est pas; il

([1]) Lucien Daniel, *Conditions de réussite des greffes* (*Revue générale de Botanique*, 12, Paris, 1900, p. 355).

fleurit tard à l'automne et la Cinéraire au premier printemps. Le greffage de ces deux espèces réussit cependant, qu'il s'agisse du *Kleinia* placé sur la Cinéraire ou de celle-ci sur le *Kleinia*. Cependant ces greffes inverses se développent de façon inégale. Dans les premières, l'épibiote *Kleinia* s'allonge rapidement, grossit, se couvre de feuilles, sans présenter d'articulations comme le font en général les boutures servant de témoins. Chez les secondes, la Cinéraire prospère beaucoup plus lentement et développe à peine le *Kleinia;* elle reste chétive et fleurit plus tard que les témoins.

Le procédé de greffage a une importance considérable. S'il s'agit du greffage ordinaire en fente, il est nécessaire de décapiter l'hypobiote Cinéraire au-dessus d'un nœud, directement, de façon que la feuille et le bourgeon d'appel puissent faire montrer les produits nutritifs jusqu'au sommet de la fente et maintenir vivante la région d'union. Si, au contraire, cette région est tout entière composée d'un entre-nœud, les feuilles et les bourgeons inférieurs, en se développant, établiront autant de courants dérivatifs à leur profit et au détriment de l'entre-nœud supérieur qui se dessèche en entraînant la mort de l'épibiote.

Donc, dans les cas que je viens d'examiner, la manière dont on conduit la répartition des produits nutritifs fournis par l'hypobiote a plus d'importance que les différences existant entre les associés quant à la nature des tissus, des contenus cellulaires, des adaptations et des rythmes de végétation. Ces caractères n'ont donc point, par rapport à la réussite des greffes, la valeur absolue que leur ont attribuée la plupart des auteurs qui se sont occupés de cette question.

PHYSIOLOGIE. — *Mesure directe de la grandeur des images rétiniennes chez le Chien et le Chat.* Note de MM. **L. Carpentier** et **G. Thieulin**, présentée par M. E. Leclainche.

La grandeur des images rétiniennes constitue un facteur important de l'acuité visuelle, dont elle est une condition physique. De nombreux auteurs, en assimilant le point nodal postérieur du système optique au centre du cristallin [1], ont obtenu un moyen théorique de comparaison de cette grandeur des images, malgré l'approximation des valeurs obtenues. Nous avons pensé qu'il était plus rationnel de tenter une mesure directe de

(1) H. Pütter, *Organologie des Auges*, 1912, p. 410-425.

cette grandeur des images ([1]), en utilisant le procédé de l'image transsclérale ([2]).

L'œil isolé, et débarrassé pour l'expérience de toutes ses parties molles, donne les images transsclérales de deux sources lumineuses placées à une distance connue l'une de l'autre, étant elles-mêmes à égale distance de l'œil, le tout dans un plan horizontal. L'écartement de ces deux images, pris à l'aide d'un compas à pointes sèches, donne la grandeur de l'image de l'objet dont les extrémités sont figurées par les lampes. Plus exactement, il mesure l'écartement des points d'intersection (*a* et *b*), avec la membrane

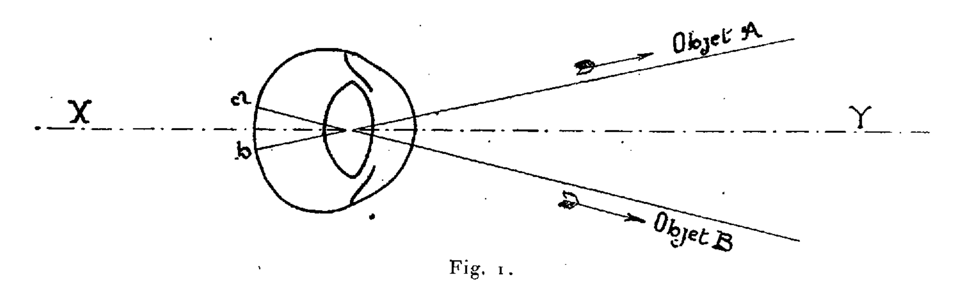


Fig. 1.

du fond de l'œil, des rayons lumineux réfractés émanés des deux sources (A et B) (*fig.* 1).

En variant l'écartement des lampes, puis la distance séparant ces deux lampes de l'œil étudié, on obtient une série de déterminations.

L'expérience renouvelée plusieurs fois, en tenant compte des différentes dimensions présentées par les yeux d'animaux appartenant à une même espèce, permet d'établir une courbe indiquant les variations de la grandeur de l'image en fonction de la grandeur de l'objet et de sa distance à l'œil. L'image rétinienne est exactement l'arc dont nous mesurons la corde correspondante. Notre but étant d'obtenir une échelle de variation chez chacun des animaux étudiés nous pouvons remplacer l'étude de l'arc par celle de la corde.

Les courbes obtenues, chez un même animal, sont d'allure parabolique. L'augmentation de la grandeur de l'image, pour un même accroissement

---

(1) A. Schäfer, *Vergleichend physiologische Untersuchungen über die Sehscharfe* (*W. Pflüger Archiv*, **122**, 1907, p. 571-580).

(2) A. Rochon-Duvigneaud, *Contribution à la physiologie de la chouette chevêche* (*Annales d'Oculistique*, **158**, août 1921, p. 1). *Une méthode de détermination du champ visuel chez les Vertébrés* (*Annales d'Oculistique*, **159**, août 1922, p. 561).

de l'objet, varie en sens contraire de la grandeur de cet objet et de sa distance à l'œil (*fig.* 2).

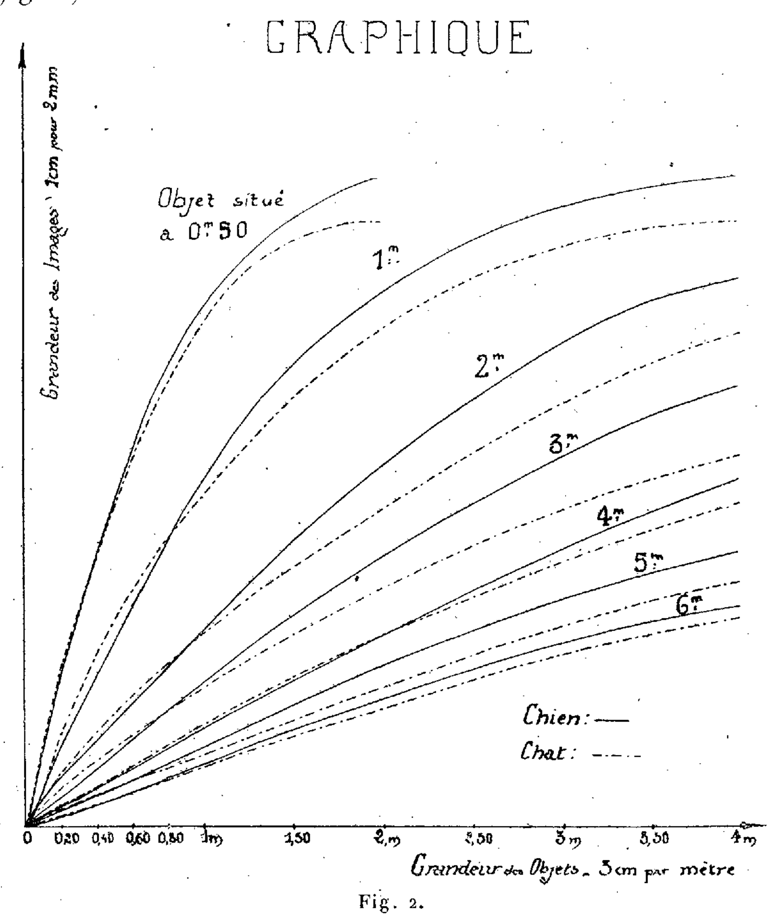


Fig. 2.

Si l'on ne peut accorder une valeur absolue aux grandeurs obtenues, celles-ci conservent toute leur valeur relative. Ceci nous permet, non seulement la comparaison entre les courbes données par un même œil, mais encore entre celles obtenues pour deux yeux appartenant à des animaux d'espèces différentes; et ces valeurs constituent, au même titre que l'indice de réfraction lui-même dont elles résultent, une des *caractéristiques de l'œil.*

CYTOLOGIE. — *La teneur en glutathion réduit est un caractère de sexualisation du cytoplasme.* Note [1] de M. **Ph. Joÿet-Lavergne**, présentée par M. L. Mangin.

Dans ses recherches sur la cystéine des tissus, Heffter [2] indique un certain nombre de réactions qui, sans être aussi nettement spécifiques que celle du nitroprussiate de sodium, donnent cependant des résultats positifs avec la cystéine. D'après les travaux de Hopkins [3], on peut considérer que la cystéine ainsi révélée existe en réalité dans les tissus à l'état de glutathion. Parmi les réactifs indiqués par Heffter, j'ai utilisé le chlorure de fer et l'acide picrique pour avoir deux réactions complémentaires me permettant de confirmer les résultats obtenus par la réaction du nitroprussiate spécifique du glutathion.

Les trois méthodes indiquées permettent de déceler l'existence du glutathion dans les cellules sexualisées et d'apprécier la différence de teneur en cette substance en rapport avec le sexe. A cet effet, les cellules polarisées dans le sens ♂ et les cellules polarisées dans le sens ♀ d'une même espèce sont placées dans des conditions rigoureusement identiques par rapport à l'action du réactif.

I. *Phanérogames.* — Les espèces *Viola tricolor, Primula officinalis* et *Forsythia fortunei* ont été étudiées par les trois méthodes; les résultats obtenus sont les mêmes dans chacune de ces espèces et l'on peut en donner une description d'ensemble.

L'action du nitroprussiate change très peu la coloration du pollen, lui donnant une faible teinte violette; dans l'ovule une coloration d'un violet net apparaît sur le nucelle. Le chlorure de fer donne une réaction très faible avec le pollen, plus intense avec le nucelle. De même, l'action de l'acide picrique est plus faible sur le pollen que sur le nucelle. Il y a quelques variations d'importance secondaire suivant les espèces. La réaction de l'acide picrique fait apparaître moins nettement que les deux autres méthodes les différences sexuelles sur *Viola tricolor* et *Primula officinalis.* Elle donne, au contraire, des résultats plus nets que les autres procédés dans *Forsythia fortunei.*

---

(1) Séance du 25 avril 1927.
(2) A. Heffter, *Mediz.-naturw. Arch.*, 1, 1908, p. 81.
(3) F. G. Hopkins, *Bioch. Journ.*, 15, 1921, p. 286.

Le nitroprussiate montre que dans chacune des espèces : *Cheiranthus Cheiri, Stellaria Holostea, Geranium Robertianum, Punica Granatum* et *Polygonatum multiflorum*, le nucelle est plus riche en glutathion que le pollen.

II. *Prèles.* — Les spores de *Equisetum maximum*, traitées par le nitroprussiate, se distinguent en deux catégories : des spores A donnant une forte coloration en violet rouge et des spores B dont la coloration est nettement plus faible. Les deux autres procédés permettent également de distinguer les spores A donnant une forte réaction des spores B peu modifiées par le réactif. Les trois méthodes concordent pour montrer qu'il y a des spores A plus riches en glutathion que les spores B. L'étude du rH et l'action de l'acide osmique démontrent que les deux lois de sexualisation cytoplasmique (¹) s'appliquent aux spores de *Equisetum maximum.* Les spores A, riches en glutathion, sont des ♀ ; les spores B sont des ♂.

La méthode au nitroprussiate appliquée au cas de *Equisetum arvense* montre que les spores ♀, les plus nombreuses, sont plus riches en glutathion que les spores ♂. Enfin *Equisetum limosum* donne aussi, par la même méthode, deux sortes de spores. Par l'examen des tailles relatives (²), on reconnaît que les spores ayant la plus forte teneur en glutathion sont les spores ♀.

III. *Algues.* — Trois espèces de *Fucus : F. vesiculosus, F. serratus* et *F. platycarpus,* traitées par la méthode au nitroprussiate, montrent que les oogones, au cours de leur développement, sont un peu plus riches en glutathion que les anthéridies (³).

IV. *Protozoaires.* — Dans les stades de *Hæmoproteus columbæ* parasites des globules rouges du pigeon, les formes ♀ ont une teneur en glutathion supérieure à celle des formes ♂.

En comparant les divers organismes étudiés, on voit que les manifestations de la sexualité ont une importance différente, dans une espèce, suivant qu'on les considère aux points de vue morphologique ou physicochimique. Des stades où le sexe est profondément différencié, au sens morphologique, comme les anthéridies et les oogones dans les Algues, le pollen et l'ovule dans les Phanérogames, présentent certaines différences sexuelles physico-chimiques qui ne sont pas plus importantes que celles des spores de Prèles, isogames morphologiquement.

(¹) Ph. Joyet-Lavergne, *Rev. gén. sc. p. et app.*, **38**, 1927, p. 141.

(²) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1555.

(³) Les deux premières lois de sexualisation cytoplasmique ont été vérifiées pour les oogones et anthéridies dans chacune des espèces *F. vesiculosus* et *F. serratus*.

Les caractères physico-chimiques de sexualisation cytoplasmique, différence de rH *et différence de glutathion, ne suivent pas, dans leur importance relative, une évolution parallèle à l'évolution morphologique de la sexualité.*

La plus grande teneur en glutathion des cellules polarisées dans le sens ♀ est un caractère fondamental et primitif de la sexualité qui peut s'exprimer ainsi : *La teneur en glutathion est un caractère de sexualisation du cytoplasme; dans une espèce, les cellules polarisées dans le sens ♀ renferment plus de glutathion que les cellules polarisées dans le sens ♂*. Cet énoncé est l'expression d'une troisième loi de sexualisation cytoplasmique, il présente avec la première loi ([1]) des rapports très intimes. La teneur des cellules en glutathion est un élément principal de la valeur du rH; toutefois, comme il n'est pas démontré que ce soit le seul élément déterminant cette valeur, il convient de conserver encore l'énoncé de la troisième loi indépendant de celui de la première loi jusqu'à une étude plus complète.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'activité solaire et certains phénomènes de végétation.* Note ([2]) de M. **Th. Moreux.**

Tous ceux qui s'occupent de Physique solaire savent que, dès 1801, William Herschel écrivait cette phrase suggestive :

En examinant la période comprise entre 1650 et 1713, il semble probable, d'après le cours normal du blé, qu'il se produisait une rareté ou un défaut temporaire de la végétation, en général, quand le Soleil *n'avait pas de taches;* ces apparences seraient donc les symptômes d'une émission abondante de lumière et de chaleur, etc. (*Philos. Trans.*, 1801, p. 265).

J'ai tenté de vérifier ces vues peu après l'apparition de mon Ouvrage *Le Problème solaire* (1900) et, dès 1901, j'ai publié au *Cosmos* (2 mars 1901, p. 266) le résultat de mes recherches qui peuvent se résumer ainsi :

1° La courbe de *la production du blé en France* suit de très près celle de l'activité solaire manifestée par les taches;

2° Les écarts constatés disparaissent lorsqu'on compare la courbe moyenne des taches (donnée par l'Observatoire de Greenwich) avec celle de *la production du blé dans le monde;*

3° La courbe de *la production du vin en France* s'emboîte presque exactement avec la courbe des taches solaires.

([1]) *Loc. cit.*, note ([1]) de la page 1089.
([2]) Séance du 20 avril 1927.

Ces études, qui datent de 26 ans et qui ont été publiées depuis dans de nombreux ouvrages et revues, n'ont pas été continuées jusqu'à notre époque, en raison de la grande guerre qui a faussé tous les résultats. Il faudra même attendre encore pour les continuer avec profit.

TOXICOLOGIE. — *Sur l'action phylactique de la brucine vis-à-vis de la strychnine.* Note de MM. **A. Goris** et **L. Lachaise**, présentée par M. Guignard.

Au cours d'essais sur la valeur pharmacodynamique des préparations de Strychnées comparée à celle de la strychnine, nous avons constaté que ces préparations, dont le titre était établi en strychnine, avaient, vis-à-vis des poissons pris comme animaux d'expérience, une activité moins grande qu'une solution de strychnine pure employée aux mêmes doses.

En général, le temps de survie des animaux placés dans la solution d'extrait de Noix vomique est le double de celui des animaux placés dans la solution de strychnine pure.

On dissout 0,02 de strychnine pure dans 2^{cm^3} de solution HCl $\frac{N}{10}$ que l'on verse dans 800^{cm^3} d'eau distillée; on ajoute alors 2^{cm^3} de NaOH $\frac{N}{10}$, on complète à 1000^{cm^3}; on obtient ainsi une solution à $\frac{1}{50000}$.

On prépare de même façon une solution de $0^g,2895$ d'extrait de Noix vomique contenant $0^g,020$ de strychnine et $0^g,0233$ de brucine.

On verse, dans deux séries de huit vases de même diamètre, 25^{cm^3} de chacune des solutions. On ajoute dans chacun 1 goutte de solution de CO^3Na^2 à 2 pour 100, de façon à obtenir un liquide dont le pH est voisin de 9.

Dans chaque vase, on place une épinoche. On opère exactement à $+20°$, on note le temps que les poissons mettent à mourir et l'on prend la moyenne. Cette expérience est répétée plusieurs fois à quelques jours d'intervalle.

Pour la strychnine pure, dans la première série d'expériences, le temps moyen de survie, compté à partir du moment où les poissons furent placés dans la solution, a été de 50 minutes; dans une seconde série d'expériences, il fut de 48 minutes et, dans une troisième, de 47 minutes.

Pour la solution d'extrait de Noix vomique, les temps de survie furent respectivement de 112 et 115 minutes.

Pour un second extrait de Noix vomique, dont $0^g,1918$ renfermait $0^g,020$

de strychnine et $0^g,0168$ de brucine, par conséquent un peu moins riche en brucine que le précédent, le temps de survie fut de 105 et 107 minutes.

Cet écart si considérable ne peut s'expliquer que par une toxicité moins grande de la strychnine de l'extrait ou une action spéciale antagoniste de la brucine.

Nous avons donc préparé une solution contenant pour 1000^{cm^3} $0^g,020$ de strychnine pure et $0^g,0233$ de brucine pure, en suivant la technique précédente. La solution d'alcaloïde etait par conséquent au même titre et dans les mêmes proportions que dans l'extrait.

Mis dans cette solution, les poissons donnent une survie de 108 et 110 minutes.

Il y a donc une complète similitude entre les résultats obtenus avec cette solution et celle des extraits de Noix vomique. La différenee de toxicité de la strychnine pure et celle de la strychnine contenue dans l'extrait de Noix vomique ne peut donc être invoquée.

On ne peut expliquer ce fait que par l'intervention d'un rôle phylactique de la brucine vis-à-vis de la strychnine. Il y aurait donc ici un fait analogue à celui signalé par MM. Goris et Metin [1], en ce qui concerne l'*anthorine* de l'*Aconitum Anthora* L. et l'*aconitine* de *A. Napellus* L.

Nous avons voulu contrôler cette action sur d'autres animaux, le cobaye et le chien. La dose toxique de notre échantillon de strychnine était pour le cobaye de $0^g,00001$ par gramme.

Lorsqu'on injecte la brucine en même temps que la strychnine, l'action phylactique ne se produit pas. Au contraire, injectée une heure auparavant, on constate que certains animaux ne succombent pas à la dose toxique; mais le fait le plus constant que l'on peut observer est la très grande atténuation des phénomènes tétaniques. Les animaux injectés préalablement avec la brucine présentent une seule crise initiale, puis gardent une agilité constante des quatre membres et meurent doucement sans autre crise tétanique. Les animaux témoins injectés à la strychnine gardent une tétanisation constante des quatre membres, interrompue par de fréquentes crises.

Sur les chiens mâles, nous avons constaté des phénomènes de même ordre.

Le chien est beaucoup plus sensible à la strychnine que le cobaye; la dose toxique de notre échantillon de strychnine était de $0^g,00000035$ par gramme.

---

[1] A. Goris et Metin, *Action préventive de l'anthorine vis-à-vis de l'aconitine* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1132).

En injectant 8 à 10^{mg} de brucine aux chiens, une heure avant la dose mortelle de strychnine, tous les chiens survivent. On peut même porter la dose toxique à 0^{g},00000036 et même à 0^{g},00000037 par gramme. Mais chez tous les animaux ainsi traités, on constate une atténuation très grande des accidents tétaniques.

On peut donc conclure à une action phylactique très nette de la brucine vis-à-vis de la strychnine, action cependant moins forte que celle de l'anthorine vis-à-vis de l'aconitine.

Pour expliquer cette action phylactique, on peut supposer que ces produits se fixent sur la cellule nerveuse qui serait alors à l'abri de l'intoxication. La strychnine ou l'aconitine, ne pouvant s'y fixer, sont éliminées avant que leur action toxique puisse se manifester.

PROTISTOLOGIE. — *Adaptation des amibes aux solutions salines. Kystes sans membrane.* Note de M. **Étienne Wolff**, présentée par M. F. Mesnil.

Parmi les amibes de petite taille, *Vahlkampfia*, *Hartmannella*, etc., il y en a qui vivent en eau douce, d'autres en eau salée (saumâtre ou marine). Chatton (1913), qui a cultivé des unes et des autres, a attiré l'attention sur ce fait que, tandis que toutes les petites amibes d'eau douce, cultivées par lui et d'autres auteurs, ont la propriété de s'enkyster, un certain nombre des amibes marines qu'il a entretenues dans les mêmes conditions ne forment pas de kystes. Il a distingué ainsi des amibes cystigènes et des amibes acystigènes. Et il établit une relation entre l'habitat dans le milieu constant qu'est l'eau de mer et la condition acystigène. Hollande (1921), se basant sur les observations de Chatton, dit avoir obtenu des formes acystigènes en cultivant une amibe du type *limax* en milieu nutritif additionné de 30 à 40 pour 1000 de chlorure de sodium.

J'ai préparé de telles solutions, en adaptant des amibes du genre *Hartmannella* d'abord aux faibles concentrations de 5 à 10 pour 1000, et en augmentant progressivement la concentration jusqu'à 30 à 40 pour 1000. Dans les solutions de 0 à 20 pour 1000, le développement de la culture pure mixte est excellent; mais les bactéries s'accommodent mal de concentrations plus élevées; leur prolifération est ralentie et leurs propriétés modifiées. L'abondance des amibes est alors proportionnelle à la rapidité de la multiplication des bactéries et à leur densité, et l'adaptation des amibes à des solutions de plus en plus concentrées ne paraît avoir pour limite que l'arrêt du développement bactérien. Dans les cultures à 30 et 40 pour 1000 de NaCl,

les amibes ont une forme arrondie et ne présentent plus aucune membrane kystique, même plusieurs semaines après l'ensemencement. Il me semblait donc avoir vérifié les observations de Hollande et pouvoir conclure que l'amibe ne formait plus de kystes. J'ai repiqué, comme l'a fait Hollande, les amibes acystigènes sur gélose à l'eau douce d'une part, en milieu liquide non chloruré d'autre part, et je n'ai pas observé que les amibes ainsi repiquées « avaient perdu la faculté de s'enkyster ». Dans les délais normaux, elles s'entourent à nouveau de la membrane habituelle. Il est possible que mes cultures en milieu chloruré n'aient pas été prolongées assez longtemps ni repiquées assez souvent pour que le caractère acystigène ait été acquis par l'espèce et transmis de génération en génération.

Mais une observation plus attentive m'a fait entrevoir que, si l'amibe a perdu la faculté de former une membrane kystique dans les solutions salines concentrées, elle n'a pas perdu pour cela la faculté de s'enkyster. J'ai observé, outre les formes arrondies, immobiles, signalées par Hollande, et considérées par lui comme acystigènes, des amibes irrégulières, se déformant sans cesse, qui ne diffèrent des formes végétatives normales que par leur aspect plus compact, moins fluide, l'absence de différenciation d'un ectoplasme et d'un endoplasme, l'absence d'une vésicule contractile. La durée de cette période végétative est beaucoup plus courte que dans le cas des amibes cultivées en eau douce. Elle a pu échapper à l'attention de Hollande. La forme immobile et sphérique pourrait bien être au contraire la forme de résistance, le kyste sans membrane des milieux salins.

La régression de la membrane kystique au fur et à mesure qu'on élève la concentration des solutions confirme ce point de vue. Aux concentrations de 10 à 20 pour 1000, la formation des kystes et de la membrane kystique ne présente aucune anomalie. A 20 pour 1000, on observe déjà des kystes dont l'enveloppe est mal individualisée. Aux concentrations de 20 à 30 pour 1000, elle devient de moins en moins nette; elle est adhérente au protoplasme et paraît demeurer à l'état de gelée; son épaisseur est toujours très mince. A 30 et 40 pour 1000, elle disparaît complètement ou ne subsiste qu'à l'état de vestige, contour vague et flou qui double encore la surface extérieure de l'amibe.

Le protoplasme cependant a subi de profondes transformations tout à fait semblables à celles que réalise l'amibe des milieux non chlorurés pour passer de l'état végétatif à l'état enkysté. Il s'est affermi, contracté; de consistance dure, d'aspect sombre, il présente des échancrures, des crevasses, dues manifestement à une déshydratation. Ces formes globuleuses

et immobiles sont-elles des formes de résistance? Desséchées pendant plus de 10 jours, puis réimbibées avec des solutions isotoniques au milieu initial, elles se sont montrées reviviscentes; elles ont recommencé à se multiplier activement, puis ont vite évolué vers la phase de repos. Transportées directement des milieux chlorurés en eau douce, elles passent de l'état quiescent à l'état végétatif : elles recouvrent tous les caractères des amibes des milieux non salés. Les kystes nus des milieux concentrés éclosent donc dans des conditions tout à fait analogues à ceux des milieux normaux, et rien ne permet d'affirmer que les amibes ont perdu la faculté de s'enkyster.

Par contre les observations précédentes fournissent des suggestions intéressantes sur la nature du phénomène de l'enkystement. Puisque dans certains cas les formes de résistance sont dépourvues de membrane kystique, il est probable que l'enveloppe des kystes des milieux normaux ne joue pas non plus le rôle qu'on est tenté de lui assigner, que ce n'est pas à elle que le kyste doit sa protection, mais à un état particulier du protoplasme. Reste à savoir pourquoi les solutions concentrées de NaCl empêchent la production d'une enveloppe kystique. S'agit-il d'une action due à l'augmentation de la pression osmotique ou d'une action directe des ions Na ou Cl? Hollande se posait déjà la question à propos de ses « amibes acystigènes ». Des expériences entreprises avec des solutions d'autres sels, tels KBr ou $MgCl^2$, décideront probablement en faveur de la première explication.

M. G. Gilta adresse une Note intitulée *La stabilité de l'arsanilate de soude dans les pays tropicaux.*

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1927.

As anomalias dos membros nos Portugueses, par J. A. PIRES DE LIMA. Porto, Araujo et Sobrinho, 1927; 1 vol. 22^{cm},5.

Naturvetenskapens matematiska principer av Isaac Newton, par C. V. L. CHARLIER. Lund, C. W. K. Gleerups Förlag, 1927; 1 vol. 26^{cm},5.

Cours d'analyse professé à l'École Polytechnique, par J. HADAMARD. Tome Ier : *Compléments de calcul différentiel. Intégrales simples et multiples. Applications analytiques et géométriques. Équations différentielles élémentaires.* Paris, J. Hermann, 1927; 1 vol. 25^{cm},5.

La vie et l'œuvre scientifique de F.-V. Raspail, par Mme XAVIER RASPAIL. Paris, Vigot frères, 1926; 1 vol. 20^{cm}.

Art et X, causerie du 29 janvier 1926, à Paris (maison des X), par le général CHAPEL. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 20^{cm},5.

Introduction à la Statique graphique des systèmes de l'espace, par BENJAMIN MAYOR. Lausanne, Payot, 1926; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. d'Ocagne.)

Catalogue illustré du musée et de l'aquarium de la Station océanographique de Salammbô. Tunis, H. Heldt, 1926; 1 vol. 24^{cm},5. (Présenté par M. Louis Joubin.)

Preservation of Natural Monuments in Japan, issued by the DEPARTMENT OF HOME AFFAIRS. Tokio, 1926; 1 vol. 26^{cm}. (Présenté par M. A. Lacroix.)

Mémento du chimiste. I. Partie scientifique, rédigé sous la direction de MARCEL BOLL et PAUL BAUD. Paris, Dunod, 1927; 1 vol. 20^{cm}. (Présenté par M. Moureu.)

Guide-Books of the excursions. Tokio, Pan-Pacific Science Congress National Research Council, 1926; 24 fasc. 19^{cm}. (Présenté par M. A. Lacroix.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 MAI 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Birkeland**, professeur de l'Université d'Oslo, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie le volume VI des *Œuvres complètes de* Sophus Lie : *Abhandlungen über die Theorie der Transformationsgruppen*, deuxième Partie, publié par Friedrich Engel et les *Anmerkungen zum sechsten Band*, publiées par ce même auteur.

RADIOCHIMIE. — *Fluorescence et induction moléculaire par résonance.* Note de M. **Jean Perrin**.

Une molécule peut exister sous divers états stationnaires bien définis ayant des énergies internes différentes et formant un ensemble discontinu. Quand la métamorphose directe de l'un de ces états en un autre d'énergie supérieure, ou *activation*, est possible, elle exige l'absorption brusque de la différence des énergies sous forme d'un *quantum* prélevé sur la radiation qui frappe la molécule ou (par choc) sur l'énergie d'agitation moléculaire. Dans la métamorphose inverse, ou *désactivation*, un quantum égal est expulsé sous forme d'énergie cinétique ou de radiation. La régénération peut, éventuellement, se faire par étapes, avec arrêts sur des états intermédiaires, plusieurs quanta (de somme égale au quantum absorbé) se trouvant successivement émis. Par exemple, si l'activation a donné une molécule

modifiée et en rotation rapide, cette rotation peut d'abord s'arrêter (par échelons), puis la molécule se régénérer.

L'absorption de la lumière, disons par un colorant dissous, se produit de façon discontinue, par activation des molécules. Cette absorption, proportionnelle à l'intensité, est, pour un rayon qui traverse une masse donnée, pratiquement indépendante de la concentration; c'est-à-dire que la natalité des molécules activées ne dépend pas de la concentration.

La *fluorescence*, ou réémission en tous sens par un colorant d'une lumière en général plus grave que la lumière excitatrice absorbée, avec une intensité proportionnelle à celle de cette lumière, se comprend alors très bien comme somme d'émissions lumineuses projetées par certaines au moins des désactivations (les autres expulsant de l'énergie cinétique). Pour une concentration c et dans un solvant défini, le pouvoir fluorescent Φ est le rapport, par unité de masse, de l'intensité de fluorescence à l'intensité d'excitation (la masse éclairée devant être assez petite pour ne pas affaiblir notablement la lumière excitatrice).

Considérons un corps fluorescent enfermé dans une cuve à faces parallèles; excitons-le par un rayon lumineux, d'intensité $\mathcal{J}$, perpendiculaire à une des faces, et que nous supposons entièrement absorbé, la cuve devant avoir une profondeur suffisante. Observons la fluorescence qui sort en sens inverse par cette face d'entrée de la lumière excitatrice. Le corps fluorescent peut être regardé comme formé de feuillets contenant chacun une masse fixée du corps, feuillets plus ou moins minces selon que la concentration est plus ou moins grande. La proportion de lumière excitatrice qui atteint un feuillet de rang donné, devant lequel se trouve toujours la même quantité du corps absorbant, ne dépendra pas de la concentration; et de même la proportion de la fluorescence émise par ce feuillet qui ressort par la face d'entrée n'en dépendra pas. Et la somme de ces termes partiels de fluorescence, intégrés de zéro à l'infini, sera, à un facteur numérique près, $\frac{\mathcal{J}\Phi}{a+b}$, a et b étant les coefficients d'absorption spécifiques pour les lumières absorbée et émise (qui sont indépendants de c), c'est-à-dire sera proportionnelle à Φ.

Le pouvoir fluorescent varie donc en fonction de la concentration comme varie l'éclat de la fluorescence observée sur une cuve de profondeur infinie. Or l'expérience montre que cet éclat, généralement nul aux fortes concentrations, grandit sans cesse quand la concentration diminue, en tendant vers une limite pour une dilution infinie (ce qui se traduit par un maximum

de fluorescence pour une concentration optimum, dans le cas d'une cuve mince).

En d'autres termes, l'éclat décroît quand la concentration grandit, ce qui veut dire que le rapprochement des molécules accroît la proportion des désactivations non lumineuses. C'est-à-dire qu'une molécule ordinaire, suffisamment voisine d'une molécule du même corps, mais activée, peut déterminer, par une action que j'ai appelée *induction moléculaire*, une désactivation non lumineuse qui expulse de l'énergie cinétique. Ce phénomène peut être de même nature que l'induction électromagnétique exercée par un circuit que parcourt une oscillation électrique sur un circuit *synchrone* qui se trouve alors repoussé.

Il s'agit ici d'une *induction sélective par résonance* (¹). Depuis, Francis Perrin a découvert une autre cause de désactivation non sélective dans la présence de certaines molécules caractérisées comme contenant des électrons peu liés, et du même coup a montré qu'il existe une autre induction moléculaire qu'on peut appeler *induction forcée*, l'action de la molécule désactivante pouvant ici se comparer à celle d'une table d'harmonie qui répond, en vibration forcée, à toutes les fréquences de vibration. L'importance de ce nouveau phénomène sera discutée dans des Notes ci-dessous (p. 1120 et 1121). Je ne m'occupe ici que de l'induction par résonance.

Dès le début j'avais prévu que cette induction par résonance doit se produire entre molécules d'espèces différentes ayant des bandes d'absorption identiques ou voisines. Et en effet j'ai pu constater par exemple que, appliquant sur la face éclairée d'une cuve mince pleine d'une solution diluée de rhodamine B, une cuve identique pleine d'une solution diluée de permanganate, on reçoit plus de fluorescence vers l'avant que si l'on mélange les mêmes quantités des deux corps dans une cuve unique de même épaisseur, alors que cependant toutes les absorptions se trouvent ainsi diminuées.

Mais Francis Perrin m'a fait observer que le raisonnement plus haut résumé, qui se rapporte à un corps fluorescent unique, peut se répéter exactement pour un mélange en proportion fixe du corps fluorescent avec tout autre corps absorbant. Considérons par exemple une solution au quarante-millième en bleu fluorescent (dont le pouvoir fluorescent ne grandit pratiquement plus par dilution). Si elle contient du bleu de méthylène et si ce mélange devient plus fluorescent quand on le dilue, c'est que, à

(¹) Voir, pour toute cette théorie, JEAN PERRIN, *Deuxième Conseil de Chimie Solvay*, p. 322-380. Gauthier-Villars, 1926.

cette concentration, le bleu de méthylène agit comme désactivant sur le bleu fluorescent.

C'est précisément ce qui se produit, et le bleu de méthylène, dont la bande d'absorption coïncide précisément avec la bande d'émission de fluorescence du bleu fluorescent (ce qui indique un synchronisme meilleur que pour le seul bleu fluorescent se désactivant lui-même, car il y a une différence entre les bandes d'émission et d'absorption d'un même corps), est pour ce bleu fluorescent un désactivant plus actif que le bleu fluorescent lui-même.

De même l'éosine abaisse très fortement la fluorescence de l'uranine, plus que ne fait l'uranine elle-même. (On observe au travers d'un écran opaque pour la fluorescence de l'éosine.)

De nombreux exemples analogues mettent hors de doute l'existence de l'induction moléculaire sélective par résonance, entre molécules ayant des bandes d'absorption voisines.

Quand les bandes d'absorption du corps fluorescent et du colorant qu'on lui mélange s'écartent, l'induction mutuelle par résonance devient moins bonne. Par exemple l'esculine affaiblit la fluorescence de l'uranine, mais beaucoup moins que l'éosine. La quinine éteint encore un peu le bleu fluorescent. De même, le bleu de méthylène, si actif sur le bleu fluorescent, agit mois fortement sur l'éosine et l'uranine, et moins fortement encore sur la quinine.

Des mesures précises, analogues à celles par lesquelles Francis Perrin a établi la décroissance exponentielle de la fluorescence pour un corps unique, donneront le coefficient d'induction mutuelle.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Des conditions de la mort par le tétanos électrique chez les Poissons.* Note de M. **Charles Richet**.

Il y a plusieurs années, j'ai étudié le *tétanos électrique* sur les Mammifères (notamment sur les chiens). Je viens de refaire la même expérience sur les Poissons.

L'excitation était produite par des courants d'induction, d'une fréquence d'environ 70 par seconde, le courant primaire étant de 4 volts.

Le poisson était retiré de l'eau pendant l'électrisation. Un des pôles était à la bouche, et l'autre à l'anus, de manière à faire traverser tout le corps par les courants électriques.

J'ai été amené à constater ainsi plusieurs faits, de différente importance.

1° Il va de soi qu'on ne peut comparer entre eux, pour la sensibilité à l'action électrique, que des Poissons de taille à peu près égale, car à égalité d'excitation la densité électrique n'est pas la même selon la taille. Un Serran de 35^g est mort après 30 secondes d'électrisation, tandis qu'un autre, de 50^g, a survécu à 40 secondes d'électrisation. Un *Scorpæna porcus* de 70^g est mort après une minute, un *Scorpæna* de 600^g n'est pas mort après deux minutes.

2° Certains Poissons (et naturellement surtout ceux de petite taille) succombent après quelques secondes d'électrisation. La mort est presque instantanée (5 secondes) chez les Poissons qui pèsent moins de 20^g. Même chez les Poissons de plus grande taille (au-dessous de 300^g) la mort survient parfois assez vite.

Elle n'est pas due à l'arrêt du cœur, mais à une paralysie du système nerveux central, et notamment du centre respiratoire. En observant ces animaux après qu'ils ont été électrisés, on constate qu'ils ne peuvent plus respirer. Souvent, malgré la longue pause respiratoire qui succède à l'électrisation, on voit la vie reprendre par quelques frémissements musculaires dans les opercules, frémissements d'abord inefficaces, mais qui finissent, au bout de 5 à 10 minutes, par rétablir une respiration à peu près normale. Alors l'animal est sauvé, et assez vite il reprend ses fonctions musculaires et nerveuses.

C'est l'intégrité de l'équilibre qui reparaît en dernier lieu.

Chez les Serrans il y a une contracture des opercules, qui alors restent largement ouverts. Malgré cette ouverture des opercules, et par conséquent une respiration à peine efficace, souvent les Serrans ainsi électrisés ont gardé encore tous leurs réflexes.

3° On peut facilement constater des différences considérables quant à la résistance à la mort par électrisation, chez des Poissons d'espèces différentes.

Je me contenterai de quelques exemples.

	Poids en grammes.	Durée de l'électrisation en secondes.	Mort (M) ou survie (S).
Poissons de 180 *à* 280^g.			
Box Salpa	280	40	M
Uranoscopus scaber	265	150	S
Scorpæna Porcus	225	105	S
Scyllium catulus	180	540	S

	Poids en grammes.	Durée de l'électrisation en secondes.	Mort (M) ou survie (S).
Poissons de 70 à 85g.			
Sargus vulgaris...........	85	23	M
Tinca vulgaris............	85	210	S
Scorpæna Porcus.........	70	45	S
Scorpæna Porcus.........	70	60	M

On pouvait d'ailleurs s'y attendre; car la physiologie, autrement dit la résistance du système nerveux, est, selon l'espèce, extrêmement variable dans la classe des Poissons (notamment pour l'asphyxie), tandis que les Oiseaux, et même les Mammifères, ont une physiologie bien plus homogène. Chez les Poissons d'espèces différentes, la fragilité du système nerveux varie beaucoup, au moins dans la proportion de 1 à 20.

4° J'ai surtout porté mon attention sur l'influence qu'exerce la température, et j'ai constaté que la fragilité du système nerveux est d'autant plus grande que la température du Poisson est plus élevée.

Ne pouvant faire cette étude sur beaucoup d'espèces, j'ai pris un poisson d'eau douce (*Tinca vulgaris*) et un poisson de mer (*Serranus cabrilla*).

Température (1).	Poids de l'animal (en grammes).	Durée de l'électrisation (en secondes).	Mort ou survie.
1° *Tanches* (Poids moyen : 55g).			
3°...............	55	210	S
3...............	65	210	S
12...............	45	210	S
12...............	45	210	S
12...............	85	210	S
23...............	40	210	M
23...............	55	210	M
23...............	145	210	M
2° *Serrans* (Poids moyen : 55g).			
6°...............	40	27	S
6...............	50	40	S
6...............	55	30	S
16...............	50	27	S
16...............	55	25	S
22...............	45	27	M
22...............	65	27	M
22...............	70	30	M
23...............	55	23	M
23...............	65	28	M
24...............	70	30	M
26...............	50	25	M

(1) Ce n'est pas la température même du poisson qui a été prise; mais celle du milieu dans lequel il a vécu depuis un quart d'heure.

En faisant les moyennes, on trouve, en chiffres ronds :

Température.	Poids (en grammes).	Durée de l'électrisation (en secondes).	Résultat.
9°	50	30	S
23	60	28	M (¹)

Par conséquent, tant sur les Tanches que sur les Serrans, il est avéré que la mort par l'électrisation est plus rapide, si la température du Poisson est plus élevée. On peut en inférer (encore que ce ne soit qu'une hypothèse) que l'action électrique qui paralyse les cellules nerveuses *agit plutôt chimiquement que physiquement*. En effet les phénomènes chimiques intracellulaires sont d'autant plus intenses que la température est plus élevée (²).

GÉOLOGIE. — *Les conditions de dépôt du Bathonien inférieur dans le Bessin et la région de Caen.* Note (³) de M. **A. Bigot**.

L'uniformité des conditions de sédimentation qui s'était établie dans le Bessin et la région de Caen pendant le Bajocien cesse au début du Bathonien.

Le faciès argileux qui prédominait depuis le Sinémurien dans la région de la dépression de Carentan et à ses abords reparaît dans le Bessin avec le Vésulien; cet étage débute au-dessus de la surface nivelée, durcie et perforée du Bajocien par deux bancs de calcaire marneux, dur, contenant

---

(¹) On remarquera la différence considérable entre les Serrans et les Tanches (à égalité de taille). Les Tanches survivent à 210 secondes d'électrisation, tandis que jamais les Serrans ne peuvent supporter plus de 50 secondes.

(²) Je n'ai pas pu prolonger (pour les Serrans) la vie dans un milieu refroidi. A 6° ils meurent en une demi-heure. De même d'autres Poissons (méditerranéens) mis dans de l'eau à 2° ou 3° (*Crenolabrus*, *Iulis*, *Sargus*), au bout d'une demi-minute perdent l'équilibre et ne respirent plus qu'à peine. Ils meurent en 10, 20 ou 25 minutes. De même les Serrans.

Cette impuissance des Poissons (méditerranéens) à vivre dans un milieu froid est un fait sur lequel je compte revenir prochainement.

En général, les autres vertébrés hétérothermes supportent le froid prolongé sans accident, et l'on sait que beaucoup de Poissons vivent (à Terre-Neuve par exemple et dans les mers arctiques) à des températures voisines de 6° ou 7°, et souvent beaucoup plus basses.

(³) Séance du 2 mai 1927.

de nombreuses Ammonites caractéristiques du Vésulien; la surface du banc supérieur, irrégulière, durcie, avec perforations de Vers, est surmontée par des argiles, des marnes et des calcaires marneux, tendres, de couleur grise, épais de 45^m.

On ne connaît pas le contact des calcaires vésuliens avec les calcaires bajociens dans la région de Caen, ni dans les régions où le faciès du Calcaire de Caen remplace progressivement les marnes du Bessin.

Aux argiles du Bessin et aux calcaires à grain fin, stratifiés régulièrement, de la région de Caen, succèdent des assises calcaires, déposées dans des conditions dont l'influence se fera sentir jusqu'à la fin du Bradfordien.

Ces assises sont caractérisées : 1° par l'importance des actions chimiques, qui ont précipité le carbonate de calcium de l'eau de mer autour des éléments des sédiments, et formé des sables et des calcaires oolithiques; 2° par des sédiments calcaires dont les éléments détritiques sont exclusivement des débris d'organismes plus ou moins brisés et triturés; 3° par l'absence d'éléments détritiques, quartz ou autres, provenant d'assises plus anciennes; 4° par l'existence de plusieurs surfaces durcies et perforées (*hard grounds*), plus ou moins continues, précédant en général un changement de faciès; 5° par la disposition oblique des strates; 6° par l'intercalation, à plusieurs niveaux, au dessus des *hard grounds*, de calcaires marneux et d'argiles (faciès de la caillasse de Ranville); 7° par l'ébauche, à la base de la série, dans la région de Caen, de petits récifs de Polypiers et de Stromatoporides.

Ces assises, aussi bien dans le Bessin que dans la région de Caen, se lient au Vésulien sans interruption dans la sédimentation. Le passage, bien que rapide, est graduel; les bancs supérieurs du Calcaire de Caen prennent déjà une disposition en stratification entre-croisée, soulignée par de petits lits discontinus de silex; les calcaires fins sont peu à peu remplacés par des calcaires plus grossiers, puis par des calcaires oolithiques. Les fossiles sont très rares dans ces niveaux; on n'y connaît aucun Céphalopode, mais de rares Brachiopodes, parmi lesquels *Eudesia cardium*, *Dictyothyris Michaelensis*, *Zeilleria Ranvilliana* et *Cadomensis*. Dans le Bessin, de petits lits de Bryozoaires existent au voisinage de la base dans les calcaires oolithiques de Vierville-sur-Mer.

La limite du Vésulien est donc incertaine; elle se trouve au-dessus ou au-dessous de la base des calcaires groupés sous le nom d'*Oolithe miliaire*.

Aux environs de Caen s'ébauchent ensuite de petits récifs zoogènes; les organismes constructeurs sont des Stromatoporides et surtout des *Astrea limitata* Lamouroux, en grands individus plats ou en forme d'écuelle,

pouvant atteindre $0^m,30$ de diamètre avec une épaisseur de $0^m,05$; ces Polypiers sont assez disséminés, parfois renversés sens dessus dessous, noyés dans une boue crayeuse solidifiée; l'ensemble forme des lentilles sans stratification, de forme irrégulière, pouvant atteindre 8^m de diamètre, sur 4^m de hauteur, entourées par des calcaires lités.

La surface de ces lentilles récifales et des calcaires qui les entourent est nivelée, durcie, perforée. Elle est surmontée par des bancs de calcaire un peu marneux, cariés, contenant *Eudesia cardium*, *Oppelia aspidoides* (Blainville, Colombelles), *Heligmus polytypus* (Blainville). La base des couches qui surmontent les bancs à récifs de Polypiers appartient déjà au Bradfordien, représenté sous un faciès de caillasse, qui se reproduira à un niveau plus élevé.

Ce premier niveau de caillasse de Blainville est situé à la base de bancs calcaires, connus sous le nom de « pierre de taille de Ranville », qui forment la berge de la rive droite de l'Orne entre Longueval et Amfréville, et celle de la rive gauche entre le château de Benouville et le Maresquet. Ces bancs ont une épaisseur qui doit être voisine d'une douzaine de mètres.

Les calcaires, de dureté variable, sont formés surtout de débris, généralement bien calibrés, de fossiles très usés, parmi lesquels de nombreux débris d'Échinodermes; ils sont souvent oolithiques, mais il n'y a pas de calcaires à gros grain, ni de calcaires pisolithiques; exceptionnellement les calcaires sont plus argileux, cariés; la disposition entre-croisée est généralement très marquée. Entre Longueval et le Pont de Ranville, le massif semble homogène, mais dans les carrières de l'Ecarde, il est divisé en deux masses par une surface perforée, au-dessus de laquelle les calcaires ne changent pas de caractère, et qui est située, suivant les carrières, à $4^m,50$ ou à $2^m,50$ au-dessous de la surface supérieure.

La *pierre de taille de Ranville* est très peu fossilifère; les Bryozoaires y forment parfois de petites lentilles, disposées suivant le plan de la stratification, mais en général les fossiles sont très disséminés (*Eudesia cardium*, *Dictyothyris coarctata*, *Apiocrinus*). On n'y a signalé aucun Céphalopode.

La surface supérieure de la pierre de taille de Ranville est partout durcie, perforée, nivelée. Eugène Deslongchamps a souligné la constance et l'extension dans toute la région de Caen de ce *chien* avec lequel il terminait l'Oolithe miliaire. Le problème de l'origine de ces chiens a été posé avec une très grande sagacité dès 1838 par Eudes-Deslongchamps. Celui qui termine la pierre de taille de Ranville n'intéresse pas seulement les couches de cet horizon; il est le résultat de deux dénudations suc-

cessives, dont la dernière a balayé les dépôts de caillasse qui n'étaient pas protégés, lors de la seconde dénudation, par leur situation dans les cuvettes de la surface déjà arasée et perforée de la pierre de taille.

La formation de ce *hard ground* est un épisode d'une grande importance dans l'histoire du Bathonien de Normandie ; ses caractères nous fournissent des renseignements intéressants pour la discussion des conditions dans lesquelles se sont formées ces surfaces *de dénudation marine*, auxquelles on a, depuis Ed. Hébert, attribué une si grande place dans la discussion des limites des étages.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Ch. Lallemand** est élu Membre du Conseil de la *Fondation Loutreuil* en remplacement de M. *Daniel Berthelot* décédé.

Par l'unanimité des suffrages, M. **Charles Richet** est élu Membre du Conseil d'administration de la *Fondation Edmond de Rothschild*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Georges Poullain** demande l'ouverture de deux plis cachetés reçus dans les séances du 3 janvier 1877 et du 4 décembre 1893 et inscrits sous les n°s 3069 et 4969.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent des lettres relatives à la *Taille des surfaces optiques*.

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Souvenir of the* Third Pan-Pacific Science Congress. Tokyo, 1926.

2° *Scientific Japan, Past and Present.* Prepared in connection with the THIRD PAN-PACIFIC SCIENCE CONGRESS. Tokyo, 1926.

3° THIRD PAN-PACIFIC SCIENCE CONGRESS. Tokyo, 1926. *Minutes of final général meeting.*

4° HENRY HUBERT. *Nouvelles études sur la météorologie de l'Afrique Occidentale Française.*

5° UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE. SECTION DE SÉISMOLOGIE. Série A. Travaux scientifiques. Fascicule n° 4. *État actuel des instruments séismologiques.*

6° RUDOLF STAUB. *Der Bau der Alpen : 25 Querprofile* $\frac{1}{500\,000}$ *und 3 schematische Längsprofile* $\frac{1}{1\,000\,000}$ *durch die Alpen.* (Présenté par M. Pierre Termier.)

7° F. HERMANN. *Stereogramma tectonico delle Alpi valdostane centrali e delle Alte Valli Aostane meridionali.* (Présenté par M. Pierre Termier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation conforme des aires simplement connexes.* Note de M. **GASTON JULIA.**

1. Soit, dans le plan z, un domaine borné D, simplement connexe, contenant l'origine et limité, pour simplifier, par une courbe de Jordan C, fermée et sans point double. Soit $f(z)$ la fonction, holomorphe dans D, $[f(0)=0, f'(0)=1]$, qui transforme D en un cercle $|Z|<\rho$ du plan Z, par représentation conforme. J'ai montré (¹) que $f(z)$ est la limite, uniformément atteinte dans tout domaine intérieur à D, d'une suite de polynomes $\pi_n(z)$ ainsi définis :

Parmi tous les polynomes $P_n(z)=z+a_2z^2+\ldots+a_nz^n$, Π_n *est celui pour lequel le maximum* m_n *de* $|\Pi_n|$ *dans* D *est le plus petit possible.* On montre en effet que m_n décroît et tend vers ρ pour $n=\infty$; on montre ensuite qu'à tout domaine Δ, intérieur à D, correspond un nombre fixe A, indépendant de n, tel qu'on ait dans Δ, $|f(z)-\Pi_n(z)|<A(m_n-\rho)$. La convergence des Π_n vers f est ainsi de l'ordre de $(m_n-\rho)$ (j'ai donné une

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 10.

autre démonstration dans la Note citée). Les polynomes Π_n sont à coefficients réels si D est symétrique par rapport à l'axe réel. Leurs racines, sauf O, sont extérieures à tout cercle intérieur à D. Si l'on transforme C en Γ par $u = \frac{1}{z}$, ces racines deviennent des points intérieurs au plus petit domaine convexe contenant Γ.

2. Les considérations précédentes se généralisent de la manière suivante :

a. Parmi toutes les fonctions $Q_n(z)$, holomorphes dans le plan z, y compris l'infini, sauf en un point a, extérieur à D qui est pour Q_n un pôle d'ordre $\leqq n$, et telles que $Q_n(0) = 0$, $Q'_n(0) = 1$, il y en a une et une seule pour laquelle le maximum de $|Q_n|$ dans D est le plus petit possible. Soient $\mathfrak{Q}_n(z)$ cette fonction et μ_n le maximum de $|\mathfrak{Q}_n|$ dans D, on démontrera, comme au n° 1, que μ_n tend vers ρ en décroissant pour $n = \infty$, et que $|\mathfrak{Q}_n(z) - f(z)|$ est de l'ordre de $(\mu_n - \rho)$ dans tout domaine intérieur à D; $\mathfrak{Q}_n(z)$ a donc pour limite $f(z)$.

b. Considérons toutes les fonctions $R_n(z)$, $[R_n(0) = 0,\ R'_n(0) = 1]$, holomorphes dans le plan z, y compris l'infini, sauf en des points α en nombre fini ou infini, fixes ou mobiles, intérieurs à un domaine D′ tout entier extérieur à D, où une $R_n(z)$ peut avoir des pôles simples ou multiples dont la somme des ordres soit $\leqq n$.

Pour chaque valeur de l'entier n, le maximum de $|R_n|$ dans D a une certaine borne inférieure λ_n (certainement $\leqq \mu_n$ si a appartient à D′). Il y a une ou plusieurs fonctions R_n pour lesquelles cette borne est atteinte. Soit $\mathcal{R}_n$ l'une d'elles. La suite λ_n tend, en décroissant, vers ρ, et $\mathcal{R}_n$ converge vers $f(z)$ dans D, la convergence étant de l'ordre de $\lambda_n - \rho$, comme au n° 1.

3. J'ai montré aussi [1] que, parmi toutes les fonctions $\lambda(z)$ holomorphes dans D, $[\lambda(0) = 0,\ \lambda'(0) = 1]$, il y en a une et une seule rendant minimum l'intégrale $I_p = \iint_D |\lambda(z)|^p \, d\sigma$ $(p > 0)$, $d\sigma$ étant l'élément d'aire de D : c'est $f_p(z) = f(z)[f'(z)]^{\frac{2}{p}}$. Elle est la limite pour $n = \infty$ de polynomes $\Pi_{n,p}$ ainsi définis : parmi tous les polynomes $P_n = z + a_2 z^n + \ldots + a_n z^n$, $\Pi_{n,p}$ est le polynome unique tel que l'intégrale $\iint_D |P_n|^p \, dx\, dy$ ait sa plus petite valeur possible. Posons $M_{n,p} = \iint_D |\Pi_{n,p}|^p \, dx\, dy$. Les $M_{n,p}$ décroissent

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1314.

quand n croît (p fixe) et ont pour limite $M_p = 2\pi \frac{\rho^{p+2}}{p+2}$, qui est le minimum de I_p, correspondant à $f_p(z)$. D'autre part, envisageons les moyennes $\mu_{n,p} = \left\{ \frac{1}{\sigma} M_{n,p} \right\}^{\frac{1}{p}}$, où σ désigne l'aire *intérieure à* D. Lorsque, n restant fixe, p augmente indéfiniment, $\mu_{n,p}$ croît et tend vers une limite *qui est justement* m_n *du* n° 1, pendant que $\Pi_{n,p}$ (1) converge uniformément dans D vers le polynome Π_n du n° 1.

Soit $\rho_p = \rho^{1+\frac{2}{p}} \left[\frac{2\pi}{\sigma(p+2)} \right]^{\frac{1}{p}}$ la moyenne de f_p dans D; on a

$$\lim_{n=\infty} \mu_{n,p} = \rho_p \quad \text{et} \quad \lim_{p=\infty} \mu_{n,p} = m_n.$$

On en déduit $|\mu_{n,n} - \rho| \leqq m_n - \rho_n = m_n - \rho + \rho - \rho_n$ et, comme $(m_n - \rho)$ et $(\rho_n - \rho)$ tendent vers zéro pour $n = \infty$, on a

$$\lim_{n=\infty} \mu_{n,n} = \rho.$$

On démontre ensuite $\lim_{n=\infty} \Pi_{n,n}(z) = f(z)$, *uniformément dans tout domaine intérieur à* D. On a donc, en définitive,

$$\lim_{n=\infty} \Pi_{n,p}(z) = f_p(z), \quad \lim_{p=\infty} \Pi(z) = \Pi_n(z),$$

et par application du procédé diagonal au tableau $\Pi_{n,p}$,

$$\lim_{n=\infty} \Pi_{n,n}(z) = f(z).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de Green : le point image, les frontières à points singuliers.* Note de M. **Maurice Gevrey.**

1. Soit l'équation du type *elliptique* à m variables (de discriminant *un*)

$$\text{(1)} \qquad F_P(u) \equiv \Sigma a_{ik} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} + \Sigma b_i \frac{\partial u}{\partial x_i} + cu = f;$$

et soit $\mathcal{F} = 0$ *l'adjointe*. Nous cherchons une solution u, fonction régulière de $P(x_1, \ldots, x_m)$ à l'intérieur d'un domaine D (c'est-à-dire continue ainsi que

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1201.

les dérivées figurant dans F) et vérifiant, en tout point p de la frontière S, la condition

$$\psi_S(u) \equiv H(p)\frac{\partial u}{\partial N} + K(p)\,u = L(p) \qquad [\text{N } \textit{conormale} \text{ en } p].$$

On obtient u au moyen d'une *fonction de Green* G_P^Π qui peut être envisagée, soit comme solution de $F = 0$ en P et vérifiant la condition $\psi_S = 0$, soit comme solution de $\mathcal{F} = 0$ en $\Pi(\xi_1, \ldots, \xi_m)$ et satisfaisant à $\psi_S = 0$ où K a été remplacé par $K - Hh$ $\Big[h$ est la projection sur la normale intérieure du vecteur de composante $\left(b_i - \sum_k \frac{\partial a_{ik}}{\partial x_k}\right)\Big]$.

Pour avoir G on part d'une fonction *auxiliaire* V_P^Π, vérifiant la même condition que G sur S et *quasi-solution* de $F_P = 0$ ou de $\mathcal{F}_\Pi = 0$, c'est-à-dire que V a pour $P\Pi = 0$ un pôle d'ordre $m - 2$, mais $F_P(V)$ ou $F_\Pi(V)$ ont un pôle d'ordre $< m$.

Si, par exemple, nous calculons G comme solution de $F_P = 0$ (¹), nous mettrons G sous la forme $V_P^\Pi + \int_D V_P^M \Phi_M^\Pi \, d\omega_M$, Φ étant donnée par

$$-(m-2)\,\sigma_m \Phi_P^\Pi + \lambda \int_D F_P(V_P^M)\,\Phi_M^\Pi \, d\omega_M + F_P(V_P^\Pi) = 0 \tag{2}$$

(σ_m = surface de l'hypersphère unitaire et $\lambda = 1$). Cette équation intégrale montre que Φ_P^Π est résolvante du noyau $\frac{F_P(V_P^\Pi)}{(m-2)\,\sigma_m}$ pour $\lambda = 1$: si 1 n'est pas valeur singulière, on aura Φ, soit à l'aide d'un noyau itéré fini, soit par la méthode de Poincaré.

2. *Comment choisir* V ? Il y a évidemment une infinité de façons. On peut partir du *point image* $P'(x_i', \ldots, x_m')$ ainsi caractérisé : 1° P et P' sont de part et d'autre à S et coïncident sur S ; 2° si P subit à partir de S un déplacement infinitésimal suivant la conormale, P' subit un déplacement équi-opposé. On posera ensuite :

$$\mathfrak{I}_P^\Pi = \Sigma a^{ik}(x_i - \xi_i)(x_k - \xi_k), \qquad V_P^\Pi = [\mathfrak{I}_P^\Pi]^{-\frac{m}{2}+1} + \mu [\mathfrak{I}_{P'}^\Pi]^{-\frac{m}{2}+1},$$

a^{ik} étant le mineur de a_{ik} et μ une fonction de P régulière dans $D + S$ et

(¹) L'existence de l'adjointe est cependant nécessaire pour avoir u au moyen de la *formule fondamentale*. Pour le calcul de u sans utiliser $\mathcal{F}$, voir *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 36.

telle que $\mu = 1$ et $H\frac{\partial \mu}{\partial N} + 2K = 0$ sur S. Le calcul montre que V vérifie les conditions du n° 1, en supposant les x_i^1 régulières dans D + S.

Pratiquement on peut remplacer $\mathfrak{I}_{P^1}^{\Pi}$ par $\mathfrak{I}_{P}^{\Pi} + 4s\sigma$, s étant une fonction positive de P, régulière dans D + S, s'annulant sur S ainsi que $\Sigma a_{ik} s'_{x_i} s'_{x_k} - 1$, et σ étant égale à $s + \Sigma(\xi_i - x_i) s'_{x_i}$. Si D est défini par $\varphi(x_1, \ldots, x_m) > 0$, il suffira de poser

$$\bar{\varphi} = \Sigma a_{ik} \varphi'_{x_i} \varphi'_{x_k} + \nu\varphi, \qquad x_i^1 = x_i - 2\varphi\bar{\varphi}^{-1} \sum_k a_{ik} \varphi'_{x_k}, \qquad s = \varphi \bar{\varphi}^{-\frac{1}{2}},$$

ν étant choisi de telle sorte que $\bar{\varphi}$ soit > 0 dans D. Enfin, *pour le problème de Dirichlet* ($H = 0$), on peut prendre pour σ la valeur de s en Π (¹).

3. *Si* S *a des points singuliers* O (anguleux ou coniques, arêtes), P^1 n'est pas défini (ou s n'est pas régulière) en O. Le noyau de (2) a la forme $\mathcal{H}_P^{\Pi} |OP|^{\rho-1} |P\Pi|^{-m+1}$ et *toutes ses traces sont infinies;* il existe alors un noyau résolvant holomorphe en λ autour de $\lambda = 0$, mais le rayon de convergence, qui dépend du maximum de $\mathcal{H}$, est en général < 1.

Cependant, si le noyau peut s'écrire $\mathcal{K}_1 + \mathcal{K}_2$, $\mathcal{K}_1$ ayant la forme ci-dessus *avec* $\rho > 1$ et $\mathcal{K}_2$ étant un noyau singulier classique à résolvante méromorphe, on peut exprimer Φ au moyen de la résolvante de $\mathcal{K}_1$ seul (l'intégrale contenant $\mathcal{K}_2$ étant traitée comme terme connu) : on obtient ainsi une nouvelle équation intégrale dont on peut former la résolvante pour $|\lambda| < \rho$, sauf pour certaines valeurs singulières.

Le problème consiste donc à choisir V de manière à être ramené à ce cas.

4. Je signalerai une circonstance remarquable où (en supposant deux variables x, y et les termes du second ordre ramenés à la forme Δu) on peut obtenir une équation (2) classique : c'est le cas où le contour C, frontière de D, a *des points anguleux à tangentes rectangulaires*. Soit, par exemple, le problème de Dirichlet pour C formé de deux arcs C_1, C_2 se coupant normalement : en numérotant les fonctions s et σ relatives à C_1 et C_2 (qui peuvent être tout simplement les distances de P et Π à ces arcs), on prendra pour fonction auxiliaire $\frac{1}{2} \mathcal{L} \frac{(r^2 + 4s_1\sigma_1)(r^2 + 4s_2\sigma_2)}{r^2(r^2 + 4s_1\sigma_1 + 4s_2\sigma_2)}$, avec $r = P\Pi$. On passe

(¹) Le point dont dépendent les a_{ik} ou a^{ik} n'est pas explicité dans le n° 2 : on peut prendre à volonté P ou Π; Π est avantageux pour calculer G comme solution de $F = 0$. Pour définir P^1 il faut alors remplacer la conormale par la direction conjuguée du plan tangent par rapport au cône des directions caractéristiques relatif à Π. Notons enfin que les dérivées secondes des x_i^1 peuvent être infinies d'ordre < 1 sur S.

de là au cas d'un quadrilatère curviligne à côtés orthogonaux, s_1, σ_1 et s_2, σ_2 étant relatifs aux couples de côtés opposés.

D'où la résolution bien simple du *problème de Dirichlet relatif à l'équation linéaire complète, pour le rectangle* $x^2 \leqq a^2$, $y^2 \leqq b^2$, en posant

$$s_1 = \frac{a^2 - x^2}{2a}, \qquad s_2 = \frac{b^2 - y^2}{2b}.$$

La méthode s'étend à l'équation (1) quand S a des arêtes le long desquelles il existe deux plans tangents conjugués par rapport au cône des directions caractéristiques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation finie des fonctions continues.* Note [1] de Mlle **N. Bary**, transmise par M. Émile Borel.

C'est une proposition bien connue de Weierstrass-Picard que toute fonction continue peut être représentée par une *série* de polynomes uniformément convergente.

Mais il est impossible de former une fonction continue arbitraire en prenant la somme d'un nombre *fini* de polynomes, ni de fonctions dont la dérivée n'existe que presque partout.

Posons la définition suivante :

Définition. — *Nous dirons qu'une propriété a lieu* quasi partout *dans* (a, b) *si elle a lieu dans un ensemble* E *qui est de mesure positive dans toute portion de* (a, b).

Cette définition posée, on a le théorème :

Théorème I. — *Toute fonction continue est la somme de deux fonctions*

$$\mathcal{F}(x) = F_1(x) + F_2(x), \tag{1}$$

dont chacune possède une dérivée quasi partout.

On peut se demander maintenant quelles sont les fonctions dont on peut former une fonction continue arbitraire si l'on admet, outre l'addition, l'opération qui consiste à prendre une fonction de fonction (les deux opérations effectuées un nombre fini de fois). On obtient la réponse suivante :

---

(1) Séance du 2 mai 1927.

THÉORÈME II. — *Toute fonction continue peut être représentée dans la forme*

$$\mathcal{F}(x) = f_1[\varphi_1(x)] + f_2[\varphi_2(x)] + f_3[\varphi_3(x)] + f_4[\varphi_4(x)], \tag{2}$$

f_1, f_2, f_3, f_4 et $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ *étant* absolument *continues*.

On sait que les fonctions absolument continues ont une dérivée presque partout; d'ailleurs elles sont d'autant plus remarquables qu'elles coïncident avec les intégrales indéfinies de M. Lebesgue.

Quant aux fonctions de la forme $f[\varphi(x)]$, f et φ étant absolument continues, leur structure est aussi connue complètement. Pour qu'une fonction continue $F(x)$ soit une fonction de la forme $f[\varphi(x)]$ il est nécessaire et suffisant que l'ensemble des valeurs de $F(x)$ dans les points où la dérivée $F'(x)$ n'existe pas ou n'est pas finie soit de mesure nulle ([1]). Il existe encore deux autres conditions nécessaires et suffisantes ([2]), nous n'insisterons pas sur ce point.

Remarquons que dans la représentation (2) on peut toujours supposer ([3]) les fonctions f_i croissantes et les fonctions φ_i à nombres dérivés bornés

$$(i = 1, 2, 3, 4).$$

Nous ne traitons pas ici la question intéressante, quel est le nombre *minimum* de fonctions absolument continues nécessaire pour représenter une fonction continue arbitraire; il est facile à démontrer que ce nombre minimum est au moins égal à *quatre* ([4]) et, d'ailleurs (d'après le théorème II), il est au plus égal à *huit*. Nous n'insistons pas de même sur l'unicité d'une représentation minimale pour une fonction continue arbitraire *donnée*.

([1]) Voir N. BARY et D. MENCHOFF, *Sur l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes et les fonctions absolument continues de fonctions absolument continues* (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1373).

([2]) Voir ma Note *Sur la représentation analytique d'une classe de fonctions continues* (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 469).

([3]) Voir le Mémoire de Mlle N. BARY et D. MENCHOFF, *Sur l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes et les fonctions absolument continues de fonctions absolument continues* qui paraîtra prochainement.

([4]) Une fonction de la forme $f\{\varphi[\psi(x)]\}$, f, φ et ψ étant absolument continues, est en même temps de la forme $F[\Phi(x)]$, F et Φ étant encore absolument continues, c'est une conséquence immédiate de la condition nécessaire et suffisante que nous avons citée dans le texte de cette Note; quant aux fonctions de la forme $f[\varphi(x)] + \psi(x)$, f, φ et ψ étant absolument continues, elles possèdent une dérivée finie quasi partout; trois fonctions absolument continues ne suffisent donc pas si l'on veut représenter une fonction continue arbitraire donnée.

MÉCANIQUE. — *Nouveaux types des cas du mouvement du corps solide, se ramenant aux quadratures.* Note ([1]) de M. **Harouture Anjour** ([2]), transmise par M. G. Kœnigs.

Type II. — *A un corps de révolution* (A = B), *dont un point de l'axe est fixe, sont appliquées des forces satisfaisant aux conditions suivantes :*

$$L = 0, \qquad M_q = 0, \qquad M_p = f(\theta),$$

$f(\theta)$ est une fonction intégrable quelconque, M_p est le moment des forces par rapport à l'axe des nœuds Op, perpendiculaire au plan Z_1OZ, et Mq le moment des forces par rapport à l'axe Oq, perpendiculaire à la fois à l'axe fixe OZ_1 et à l'axe des nœuds Op, et qui donc se trouve à chaque instant dans le plan Z_1OZ, enfin L est le moment par rapport à l'axe fixe OZ_1.

En se rapportant aux équations de la Note précédente du 25 avril 1927, qui se simplifient à cause de A = B, et tenant compte des conditions du problème, on tirera de la première équation (2)

$$S = \text{const.}$$

La seconde équation (2), après avoir substitué $dt = \frac{A\,d\theta}{P}$, tiré de la troisième équation (1), donnera en intégrant

$$Q = \frac{W - S\cos\theta}{\sqrt{1-\cos^2\theta}}.$$

La troisième équation (2), après y avoir substitué les expressions précédentes de dt et de Q, donnera en intégrant

$$P = \sqrt{2A\int_{\theta_0}^{\theta} f(\theta)\,d\theta - \left[\frac{(W\cos\theta - S)^2}{1-\cos^2\theta}\right]_{\theta_0}^{\theta}}.$$

En substituant ensuite la valeur trouvée de P dans la troisième équation (1), on aura en intégrant

$$t = -\int \frac{A\,d\cos\theta}{\sqrt{1-\cos^2\theta}\sqrt{2A\int_{\theta_0}^{\theta} f(\theta)\,d\theta - \left[\frac{(W\cos\theta - S)^2}{1-\cos^2\theta}\right]_{\theta_0}^{\theta}}}.$$

([1]) Séance du 2 mai 1927.

([2]) Voir *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 996.

Le cas de Lagrange est un cas particulier de ce type II, où $f(\theta) = mgl \sin\theta$.

La compréhension de ce type II est assez grande. Puisque Q est, dans ce cas, une fonction de l'angle θ seul, les dérivées de φ et de ψ par t seront aussi des fonctions uniquement de l'angle θ, et partant M_p peut être donné, comme

$$M_p = f\left(\theta, \frac{d\varphi}{dt}, \frac{d\psi}{dt}\right).$$

Dans ce type II entreront aussi les cas, où agissent des forces newtoniennes, dont les points d'application se trouvent sur l'axe de révolution et dont les centres d'action se trouvent sur l'axe fixe OZ_1. Exemple : un corps pesant aimanté NS dans le sens de son axe de révolution est actionné par un aimant vertical fixe N′S′, dont l'axe coïncide avec l'axe OZ_1. On calculera alors facilement $\int_{\theta_0}^{\theta} f(\theta)\,d\theta$, et on le substituera dans l'expression précédente de t.

TYPE III. — *A un corps de révolution* ($A = B$), *qui est assujetti à se mouvoir sur un plan horizontal, sont appliquées des forces satisfaisant aux conditions suivantes :*

$$Z = f_1(\theta), \qquad L = 0, \qquad M_q = 0, \qquad M'_p = f(\theta),$$

où $f_1(\theta)$ et $f(\theta)$ sont des fonctions intégrables quelconques de l'angle θ seul. M'_p est le moment des forces appliquées (sans compter la réaction du plan), par rapport à l'axe des nœuds Op, perpendiculaire au plan Z_1OZ, et passant cette fois par le centre de gravité O, M_q le moment des forces par rapport à l'axe Oq, perpendiculaire à la fois à l'axe fixe OZ_1 et à l'axe des nœuds Op, et qui se trouve donc dans le plan Z_1OZ, enfin L est le moment des forces par rapport à l'axe OZ_1, et Z est la somme des projections des forces appliquées sur l'axe OZ_1.

Comme pour le type II, on tirera d'abord S et Q en fonction de l'angle θ de deux premières équations (2), et l'on obtiendra les mêmes expressions que précédemment. Cependant pour tirer P de la troisième équation (2), on devra cette fois introduire au lieu de M_p non seulement la somme des moments des forces données, qui est $f(\theta)$, mais aussi le moment de la réaction R du plan horizontal, de façon qu'on aura, pour la somme totale des moments, l'expression

$$M_p = f(\theta) + Rl \sin\theta$$

où

$$R = -Z + m\frac{d^2c}{dt^2} \qquad \text{et} \qquad c = l\cos\theta$$

(l étant la distance invariable du centre de gravité O du corps au point de contact de son axe de révolution OZ avec le plan horizontal fixe, et c la distance variable du centre de gravité au même plan).

En considérant que $\frac{d\theta}{dt} = \frac{P}{A}$ (équation 1), on en tirera pour la somme des moments à considérer

$$M_p = f(\theta) - f_1(\theta) l \sin\theta - \frac{ml^2}{A^2} P \sin\theta . [P \sin\theta]'_\theta .$$

En substituant cette expression de M_p dans la troisième équation (2) et intégrant, on en tirera facilement l'expression de P en fonction de θ. Cette dernière se substituera ensuite dans la troisième équation (1), et l'on obtiendra en l'intégrant

$$t = -\int \frac{\sqrt{(A^2 + Aml^2) - Aml^2\cos^2\theta} \, . \, d\cos\theta}{\sqrt{1-\cos^2\theta}\sqrt{-2Al\int_{\theta_0}^{\theta} f_1(\theta)\sin\theta . d\theta + 2A\int_{\theta_0}^{\theta} f(\theta) d\theta - \left[\frac{(W\cos\theta - S)^2}{1-\cos^2\theta}\right]_{\theta_0}^{\theta}}} + K.$$

Le cas du corps pesant se mouvant sur un plan horizontal est un cas particulier du type III, où

$$Z = f_1(\theta) = -mg \qquad \text{et} \qquad M'_p = f(\theta) = 0.$$

Comme pour le type II, ici encore on peut se donner

$$M'_p = f\left(\theta, \frac{d\varphi}{dt}, \frac{d\psi}{dt}\right).$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le mécanisme de l'émission d'un rayonnement par les cellules de grande résistance électrique.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

Un corps très résistant traversé par un courant électrique présente quelques analogies avec le gaz d'un tube à décharge : l'étude de la répartition du potentiel montre qu'il y a des chutes notables de ce dernier dans le voisinage des électrodes. L'existence de ces chutes suffit pour expliquer l'émission du rayonnement par un mécanisme analogue à celui de la production des rayons X, elle permet aussi de prévoir quelques-uns des résultats quantitatifs donnés par l'expérience.

1° *Variation en fonction du temps du courant à travers une cellule.* — Soit v

la chute de potentiel que le passage du courant fait naître dans le voisinage des électrodes; admettons que sa variation dv pendant le temps dt est proportionnelle à ce temps et à l'intensité i du courant qui traverse la cellule à l'instant t; on a

$$dv = K\,i\,dt; \tag{1}$$

si V est la tension aux électrodes de la cellule, et r sa résistance, la loi d'Ohm donne à l'instant t : $V - v = ri$ ou $dv = -r\,di$. En portant dans (1) et en intégrant on obtient

$$\log i = -\frac{K}{r}t + \text{const.}$$

Si l'intensité initiale est i_0 et si i_∞ est celle qui traverse la cellule au temps $t = \infty$, la formule donnant les variations de l'intensité du courant en fonction du temps, peut s'écrire :

$$i - i_\infty = (i_0 - i_\infty)e^{-\frac{K}{r}t}.$$

Les résultats de l'expérience vérifient très bien cette formule, sauf pendant les premiers instants (le régime n'étant probablement pas encore établi). La vérification a été faite avec un certain nombre de sels alcalins et alcalino-terreux; on peut aussi le faire sur les résultats donnés par M. Bodin [1] dans sa Thèse (p. 42).

2. *Variation en fonction du temps des chutes de potentiel au voisinage des électrodes.* — On tire facilement des formules qui précèdent la valeur de v qui se présente sous la forme $v = \beta - \alpha e^{-at}$.

La vérification a été faite avec succès (sauf pour les premiers instants) sur les résultats obtenus avec un certain nombre de sels alcalins et alcalino-terreux; on peut aussi la faire avec les valeurs données par M. Bodin dans sa Thèse (p. 59).

3. *Variation en fonction du temps de l'intensité du rayonnement émis par les cellules.* — Si nous admettons que le rayonnement est dû aux charges électriques qui franchissent les chutes de potentiel dans le voisinage des électrodes, l'énergie rayonnée R doit être proportionnelle à la chute de potentiel v et à l'intensité du courant i, par conséquent au produit vi. En remplaçant v et i par les valeurs trouvées plus haut, on obtient une

---

(1) R. Bodin, *Annales de Physique*, 10e série, 7, 1927, p. 35.

expression de la forme

$$R = K_1 e^{-at} - K_2 e^{-2at} + K_3.$$

La courbe représentative de cette équation présente un maximum pour

$$t_m = \frac{1}{a}(\mathrm{Log}\, 2K_2 - \mathrm{Log}\, K_1).$$

Les résultats d'expériences faites avec de nombreux sels, notamment des sels alcalins et alcalino-terreux, donnent trois types de courbes pour les variations de R en fonction de t. Dans le premier type, R croît d'abord avec t, passe par un maximum, puis décroît plus ou moins lentement; ce type correspond bien à l'équation précédente; dans ce cas t_m a une valeur appréciable. Dans le deuxième type, R croît avec t et tend vers une limite; cela correspond au cas où t_m a une valeur très grande; on obtient seulement la partie ascendante de la courbe correspondant à l'équation. Enfin, dans le troisième type, R décroît constamment quand t augmente; on n'a que la partie descendante de la courbe représentative; ce type correspond au cas où t_m a une valeur très petite.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Remarque sur le principe de combinaison.* Note [1] de M. V. **Dolejšek**, présentée par M. M. de Broglie.

Si l'on compare l'allure des courbes données dans un travail précédent [2] pour les lignes des séries K et L avec celle des lignes et des niveaux suivants, on peut constater que les lignes des séries M et N ont (dans le domaine entier des éléments mesurés) une allure plus simple que les lignes L. L'allure des lignes M et N est plus simple que celle des niveaux correspondants, entre lesquels le passage d'un électron donne naissance à une raie.

Ainsi on peut exprimer l'allure de la ligne $M\alpha$, par l'équation

$$\sqrt{\frac{\nu}{R_{M\alpha_1}}} = a + bN,$$

dans laquelle

$$a = -4{,}365, \qquad b = -0{,}2135$$

---

(1) Séance du 11 avril 1927.

(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 964.

ou

$$\sqrt{\frac{\nu}{R_{M\alpha_1}}} = b(N-\sigma) = 0,2135(N-20,5);$$

l'allure de la ligne $M\beta$, par la même équation avec les coefficients

$$a = -4,39, \qquad b = 0,224,$$

ou

$$\sqrt{\frac{\nu}{R_{M\beta_1}}} = 0,224(N-22)$$

et également pour $M\gamma$, on peut écrire

$$\sqrt{\frac{\nu}{R}} = 0,2195(N-18,2).$$

L'allure des lignes N peut être aussi exprimée par la même relation linéaire, où pour la ligne N_7P_2

$$a = -9,10, \qquad b = 0,211$$

ou

$$\sqrt{\frac{\nu}{R}} = 0,211(N-43),$$

et pour la ligne N_7P_4

$$a = -9,53, \qquad b = 0,215$$

ou

$$\sqrt{\frac{\nu}{R_{M_7P_4}}} = 0,215(N-44,5).$$

Dans ces équations obtenues empiriquement, où les degrés supérieurs ont disparu, les coefficients, comme on peut facilement s'en apercevoir, sont analogues à ceux de l'équation primitive de Moseley.

Les variations de périodicité sur les lignes sont si faibles qu'elles ne dépassent pas la limite des erreurs d'observation et il est impossible de les constater.

Si l'on compare les niveaux correspondants entre lesquels lesdites lignes prennent naissance, on peut voir que les niveaux ont une allure analogue à celle des lignes correspondantes, mais les variations de périodicité y atteignent des valeurs plus grandes que sur les lignes.

L'allure définitive et les coefficients de ces niveaux ne sont pas déterminés jusqu'à présent. Néanmoins il apparaît qu'il faudra une équation supérieure au premier degré. Il semble que l'on puisse formuler la règle suivante :

Le passage d'un électron entre deux niveaux donne naissance à une ligne, quand les équations de ces deux niveaux ont une telle affinité d'allure du degré supérieur que l'équation de la ligne produite ait l'allure du degré inférieur.

RADIOCHIMIE. — *Action des antioxygènes sur la fluorescence.* Note de M. **Privault**, présentée par M. Jean Perrin.

M. Francis Perrin a indiqué [1] l'action de certains sels *antioxygènes* (iodures, sulfures, sulfocyanures, etc.) sur le rendement lumineux de la fluorescence. En ajoutant par exemple de l'iodure de potassium à une solution d'uranine (fluorescéinate de sodium) on constate que le pouvoir fluorescent de cette substance décroît quand la concentration en iodure augmente, et peut tomber à $\frac{1}{150}$ de sa valeur primitive pour une teneur de 1^g par centimètre cube. La fluorescence reparaît lorsque l'on étend la solution. Le fait que le spectre d'absorption de la matière colorante n'est pas changé par l'addition d'iodure indique que ce phénomène n'est pas dû à une réaction chimique. L'influence de l'iodure de potassium sur la fluorescence est d'ailleurs modifiée par un certain nombre de facteurs purement physiques, entre autres la viscosité et le pouvoir inducteur spécifique du solvant : l'action de l'iodure est beaucoup moins forte dans la glycérine froide que dans l'eau ou la glycérine chaude (la diffusion plus rapide permettant aux ions désactivants de venir passer au voisinage des molécules excitées pendant leur vie moyenne très brève); elle est également moins forte dans les milieux à faible pouvoir inducteur spécifique, comme l'alcool et l'acétone, que dans l'eau.

Tous ces caractères semblent indiquer une action physique des ions I^-, $S^{--}(SCN)^-$, en solution, sur les molécules excitées des corps fluorescents, favorisant le retour à l'état normal sans émission de lumière (l'énergie disponible se dissipant alors sous forme cinétique). Il doit en résulter une diminution de la vie moyenne dans l'état excité, que l'on peut effectivement prouver par les mesures de polarisation de la lumière émise [1]. Il était alors probable que ces sels ralentiraient les réactions photochi-

(1) F. Perrin, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 929, et *Journal de Physique*, **7**, 1926, p. 390.

miques des corps fluorescents, par exemple leur décoloration par l'oxygène libre en solution, ou par les polyalcools. C'est ce qu'a effectivement constaté Francis Perrin.

En étudiant cette décoloration, j'ai été amené, pour simplifier les réactions assez complexes qui se produisent, à essayer d'empêcher les oxydations par l'oxygène libre en ajoutant un des corps (l'hydroquinone) connu depuis les beaux travaux de MM. Moureu et Dufraisse comme antioxygène puissant. J'ai d'abord constaté que de très petites quantités d'hydroquinone ($\frac{1}{100000}$) non seulement empêchent l'oxydation photochimique de l'uranine, mais ralentissent aussi considérablement la réduction de ce corps par la glycérine.

D'autre part, en introduisant dans la solution fluorescente une plus grande quantité d'hydroquinone, j'ai observé une diminution considérable du pouvoir fluorescent, qui disparaît à peu près complètement dans les solutions concentrées en hydroquinone. Cette action a exactement les mêmes caractères physiques que celle des iodures (identité de la bande d'absorption, réapparition de la fluorescence par dilution de la solution, influence de la viscosité, du pouvoir inducteur spécifique).

Il devenait alors probable que tous les composés antioxygènes agiraient de même façon, et c'est en fait ce que nous avons constaté, Francis Perrin et moi, sur les principaux d'entre eux, notamment les phénols (phénol, résorcine, pyrogallol, gaïacol, salicylate, etc.), les amines nucléaires (aniline, diphénylamine, aminophénol), certains composés du soufre (thiourée), certains composés azotés (phtalimide, acide urique, hydroxylamine, phénylhydrazine, nitrobenzine). Les amines aliphatiques agissent beaucoup moins. La pyridine n'agit que très peu, même en solution concentrée.

RADIOCHIMIE. — *La désactivation induite des molécules et la théorie des antioxygènes*. Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Dans une solution fluorescente éclairée, la présence au voisinage d'une molécule excitée d'une molécule de même espèce [1] [ou plus généralement d'une molécule ayant une bande d'absorption voisine [2]] augmente la

(1) Jean Perrin, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 469.
(2) Jean Perrin, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1097.

probabilité d'un retour à l'état normal sans émission de lumière, d'où une diminution du pouvoir fluorescent, et, par suite, de la durée moyenne de l'état excité, qui lui est proportionnelle ([1]).

J'ai montré ([2]) qu'une action analogue peut être produite sur les matières fluorescentes les plus diverses par certains corps n'ayant cependant aucune bande d'absorption voisine de celle de la matière fluorescente, notamment par les ions facilement oxydables, et doués de propriétés antioxygènes puissantes, I^- et S^{--}, et M. Privault ([3]) a trouvé que les composés antioxygènes organiques (phénols, amines nucléaires, etc.) affaiblissent de même fortement les fluorescences (*sans qu'il se produise aucune action chimique*).

Je pense que cette *induction forcée* (par opposition à l'induction de résonance) est à rapprocher de la désactivation d'une molécule excitée par l'approche d'un électron libre, phénomène dont Rossland et Klein ont montré la nécessité théorique (choc de deuxième espèce). Les composés antioxygènes sont en effet très oxydables, ce qui veut dire que leurs molécules contiennent un électron peu lié qu'elles cèdent facilement. Ces molécules se comportant ainsi comme des électrons presque libres, on comprend leur action non sélective sur des molécules excitées quelconques indépendamment de leur nature chimique ou de leur énergie d'activation ([4]).

II. La diminution de la vie moyenne des molécules excitées par les composés antioxygènes fait prévoir immédiatement une diminution proportionnelle des vitesses de réactions *photochimiques* des corps fluorescents. Mais elle ne doit pas modifier les vitesses des réactions purement *thermiques* dans lesquelles l'activation nécessaire des molécules réagissantes est produite uniquement par l'agitation moléculaire ou le rayonnement isotherme. En effet la vitesse d'une telle réaction est principalement déterminée par les concentrations en molécules actives de chaque espèce, qui sont fixées (du moins en milieu dilué) par les lois de la thermodynamique ou de la statistique, et qui ne peuvent pas être modifiées par la présence d'un catalyseur. L'augmentation de la mortalité des molécules actives, qui résulte de l'introduction de molécules désactivantes, doit donc nécessairement,

---

([1]) Francis Perrin, *Journal de Physique*, 7, 1926, p. 390.

([2]) Dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

([3]) Privault, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1120 (ci-dessus).

([4]) Les molécules excitées d'espèce différente ont cependant des sensibilités très diverses qui semblent dépendre principalement de leur vie moyenne.

lorsqu'il y a équilibre thermique, être compensée par un accroissement de natalité, de façon que les concentrations en molécules excitées restent les mêmes ([1]).

Il semble donc impossible d'expliquer, bien que cela ait été proposé, le ralentissement si remarquable des autoxydations les plus diverses par de très petites quantités d'un composé antioxygène (Moureu et Dufraisse) en invoquant une simple désactivation directe ou indirecte des molécules excitées d'oxygène (A. Job, J. Perrin) ou du composé autoxydable (Taylor). Mais, d'autre part, la théorie séduisante proposée par MM. Moureu et Dufraisse ([2]) est aussi en opposition avec les principes que nous venons de rappeler d'après lesquels un catalyseur, ne pouvant pas déplacer un équilibre chimique, ne peut pas accélérer une réaction thermique sans accélérer autant la réaction inverse. Cette théorie revient en effet à supposer que l'antioxygène B catalyse la destruction du peroxyde actif (AO^2), avec retour à l'état initial $A + O^2$, sans catalyser la réaction inverse de formation du peroxyde, ce qui est impossible.

La preuve expérimentale que tous les composés antioxygènes sont capables de désactiver, par un processus physique non spécifique, des molécules excitées très diverses suggère avec force que cette propriété doit intervenir dans l'explication des actions antioxygènes. Il est nécessaire pour cela que l'activation des molécules qui réagissent ne soient pas exclusivement d'origine thermique, et comme les réactions considérées se produisent à l'obscurité, on ne voit comme autre source d'énergie que la réaction d'oxydation elle-même. On est ainsi ramené à un mécanisme de réaction par chaîne comme en a imaginé Bodenstein : lorsqu'une molécule réagit l'énergie dégagée au total sert à activer une ou plusieurs molécules qui pourront réagir à leur tour en activant de nouvelles molécules, etc. L'action de molécules désactivantes sur une telle réaction se comprend alors facilement : la diminution de la vie moyenne des molécules activées par la réaction, dont le nombre ne sera pas augmenté, diminuera leur chance de réagir, et les chaînes seront ainsi racourcies d'une façon qui pourra être considérable (théorie proposée par Christiansen). En précisant ces considérations

(1) Voir JEAN PERRIN et Mlle CHOUCROUN, *Comptes rendus*, t. 184, 1927, p. 985. — Si la réaction chimique considérée est assez rapide pour diminuer les concentrations en molécules actives, l'introduction d'un désactivateur augmentera même la vitesse de réaction, car l'augmentation de natalité qui en résulte deviendra prédominante.

(2) Pour l'exposé de ces théories, voir *Deuxième Conseil de Chimie Solvay*. Paris, Gauthier-Villars, 1926.

on peut montrer que l'augmentation de la vitesse de réaction par l'existence des chaînes ne peut être grande que si une molécule réagissante active en moyenne plus d'une molécule primitive, ici d'oxygène, et que c'est seulement alors que l'antioxygène pourra ralentir la réaction de façon importante.

Le caractère essentiel des corps dits antioxygènes serait ainsi d'être des désactivants universels des molécules excitées. Cela explique qu'ils puissent ralentir également certaines réactions photochimiques, ou par chaînes, qui ne sont pas des oxydations (par exemple la polymérisation, à la lumière, de l'acroléine en l'absence d'oxygène, signalée par MM. Moureu et Dufraisse). Cependant certains composés antioxygènes agissent peut-être par induction de résonance pour désactiver de façon sélective les molécules d'oxygène, mais non pas des molécules quelconques (l'oxygène lui-même, peut-être la pyridine).

CHIMIE MINÉRALE. — *L'évolution de l'hydrate de sesquioxyde de cobalt au sein de l'eau.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Les hydroxydes que fournit le cobalt sont chimiquement très peu stables. Nous avons examiné *ici* celui d'entre eux qui semble présenter le plus de stabilité, et qui correspond approximativement à un hydrate de sesquioxyde. On l'obtient, comme l'hydrate correspondant de nickel, en précipitant un sel de cobalt par l'hypochlorite de sodium.

Suivant la technique antérieurement adoptée pour les hydroxydes de nickel (¹), on préparait l'hydroxyde par précipitation à froid et lavage par décantation. Une partie, desséchée à froid, était prélevée pour la mesure. Le reste était abandonné, en suspension dans l'eau chaude, une douzaine d'heures dans des tubes scellés. Conformément à un résultat trouvé jusqu'ici général, l'hydroxyde modifié qu'on récupère en fin d'expérience ne retient plus qu'une fraction de l'eau d'hydratation de l'hydroxyde préparé à froid.

Lorsqu'on passe de l'hydroxyde préparé à froid à l'hydroxyde modifié, il y a dépréciation des propriétés magnétiques. Le traitement à l'eau chaude abaisse de plus de moitié le coefficient d'aimantation de l'hydroxyde, les

(¹) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 842, et **180**, 1925, p. 211.

coefficients d'aimantation étant, comme toujours, rapportés au poids de métal.

La calcination de l'hydrate de sesquioxyde de cobalt, préparé à froid, amène à un oxyde sept ou huit fois plus magnétique, à poids égal de cobalt. Ce magnétisme s'affaiblit un peu lorsque l'hydroxyde a subi l'action de l'eau chaude.

Par redissolution de l'hydroxyde modifié dans l'acide chlorhydrique, reprécipitation à l'hypochlorite et traitement ultérieur à l'eau chaude, on obtient un nouvel hydrate modifié. Le cycle étant repris plusieurs fois, les hydrates modifiés successifs deviennent plus magnétiques, tandis que les coefficients d'aimantation des anhydrides calcinés correspondants accusent en général une faible dépréciation.

L'analyse magnétique différencie donc nettement les deux éléments nickel et cobalt.

Ci-après les résultats numériques d'expériences faites à diverses températures.

HYDROXYDES MODIFIÉS.

Coefficients d'aimantation, en valeur relative, rapportés au poids de métal.

(Le coefficient d'aimantation de l'oxyde dérivé de l'hydroxyde préparé à froid est pris pour unité.)

	A 120°.		A 150°.		A 180°.		A 210°.	
	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.	Hydroxyde.	Oxyde.
1re op....	0,055	0,92	0,046	0,98	0,050	0,99	0,052	0,95
2e »	0,062	0,92	0,058	1,03	0,049	1,01	0,056	1,01
3e »	0,072	0,97	0,067	0,95	0,050	0,98	0,061	0,97
4e »	0,083	0,91	0,079	0,95	0,060	0,93	0,062	0,87

GÉOLOGIE. — *Sur les caractères de la bordure Sud de la chaîne de granulite de Chatelus-Malvaleix (Creuse).* Note (1) de M. **Georges Mouret**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai déjà indiqué que, dans sa partie comprise entre Saint-Aignan-de-Versillat et Bonnat, la zone de dislocation de Boussac forme la bordure

(1) Séance du 2 mai 1927.

Nord de cette masse de granulites, allongée de l'Est à l'Ouest, que Mallard a été le premier à distinguer sous le nom de chaîne de Chatelus et Toulx-Sainte-Croix, en raison de ses caractères topographiques. Au Sud de cette chaîne, il semble d'après la carte géologique au 80000e (feuilles Aigurande et Guéret), que la granulite en question soit en contact intime avec le granite de Guéret. De la chaîne de Chatelus se détachent en effet de longues et étroites apophyses formées de cette roche et qui envahissent vers le Sud-Ouest, et vers le Sud-Est, le massif granitique (Saint-Priest-la-Feuille, Again, Vigeville et les environs de Jarnages.

Cependant Mallard, dans son étude sur la géologie de la Creuse, n'a pas hésité à admettre entre la chaîne de granulite et le massif de granite une séparation absolue, une limite tranchée, se basant pour cela, non seulement sur la nature des roches, mais encore sur la présence, en quelques points, de roches schisteuses intercalées entre les deux massifs. Il a admis, en outre, que les deux masses granitiques sont d'âge différent.

En réalité, ainsi que j'ai pu le constater tout récemment, les roches cristallines schisteuses dont il est question se relient les unes aux autres et forment une zone continue dont Mallard n'a exploré que quelques points. J'ai pu suivre sa continuité depuis Ratenon, au voisinage de Saint-Sulpice-les-Feuilles dans la partie décrochée de la chaîne de Chatelus, jusque vers Bussière-Dunoise. Ces roches, toutefois, ne sont pas, pour la plupart sinon pour toutes, de véritables gneiss ou micaschistes, mais des granites et des granulites gneissiques, qui se fondent dans les roches granitiques et granulitiques massives. Ce facies gneissique s'observe, sur sa plus grande étendue, dans la chaîne de granulite, et il atteint parfois même le cœur de la chaîne dont le versant Nord est également en partie gneissique Le développement de ce facies est si considérable, qu'au début de ses études, Mallard considérait la chaîne comme constituée par une seule et même masse de gneiss riche en mica blanc.

Quant aux granites de Guéret, ils se présentent aussi, au voisinage de la granulite, sous forme gneissique, ou entremêlés avec des roches très schisteuses, micacées, qui diffèrent peu des gneiss normaux.

L'origine des granites et granulites gneissiques de la région ne me paraît pas devoir être rattachée au métamorphisme de schistes anciens. Je ne puis que répéter à ce sujet ce que j'ai exposé dans des communications antérieures sur les effets du laminage des roches cristallines anciennes du Massif Central, et mes prévisions à cet égard ont trouvé une confirmation dans les

études micrographiques de M. E. Raguin. En fait, les granulites gneissiques observées sur la bordure Sud de la chaîne de Chatelus, identiques à celles observées sur la bordure Nord et appartenant à la zone de Boussac, sont, comme celles-ci, dues au laminage des granulites massives qui constituent le noyau de la chaîne. Sans doute, ces roches laminées ne sont pas constamment associées, autant que j'ai pu l'observer, à de véritables mylonites, mais leurs caractères ne laissent guère de doute sur la cause mécanique de leur schistorté. En ce qui concerne les granites, les exemples les plus typiques du laminage sont fournis par la région d'Azat et de Naillat, occupée, du ravin de Grobost (à un repli de la chaîne) au village des Couteaux, par des granites à grands cristaux, identiques sous leur forme massive, aux granites de la Souterraine, mais qui, le plus souvent, ont été l'objet d'un laminage intense, laminage qui, dans les parties les moins atteintes, se révèle par l'alignement régulier des grands cristaux de feldspath, conservant leur forme tabulaire, mais aplatis et d'autant plus allongés, tels les caractères des roches d'un piton très élevé au voisinage du village de Salesse, ou à Naillat et aux Couteaux. A Salesse et à Azat le laminage est si prononcé que l'on n'observe plus que des sortes de schistes feldspathiques rappelant ceux d'Evaux et de Bourganeuf [1]. Au cimetière de Naillat, le granite est écrasé. Plus à l'Est, à Chatenet, à Puy-Juan, des granulités gneissiques, très grossières, à grands cristaux rouges de feldspath, et qui ont subi un commencement de déformation et d'écrasement, alternent avec des granulites très schisteuses, ou même des schistes micacés.

En résumé, jusqu'au delà de Puy-Juan depuis Ratenon, l'existence d'une zone de dislocation par glissements, à cheval sur le versant Sud de la chaîne de Chatelus, et sur la bordure Nord du Massif de Guéret, ne paraît pas douteuse. Son allure n'est pas absolument la même que celle de la zone de Boussac où les plongements, qui ne sont pas exagérés, sont dirigés vers le Sud. Au Sud de la chaîne, les plongements sont généralement verticaux, ou, toujours très prononcés, ont lieu tantôt vers le Nord, tantôt vers le Sud. On ne saurait tirer de l'observation de ces plongements reconnus à la surface, et dont le sens peut être différent en profondeurs, des conclusions positives touchant la technique de la région.

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 402, et **183**, 1926, p. 1177.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Une grotte avec dessins pariétaux de l'Age du Renne, dans la vallée du Gardon : la « Baoumo-d'en-aut » à Collias (Gard).* Note [1] de MM. **Jean Bayol, Paul Marcelin** et **Lucien Mayet**, transmise par M. Ch. Depéret.

A Collias, le Gardon abandonne l'étroit cañon qu'il a parcouru sur vingt et quelques kilomètres, au nord de la garrigue nîmoise. Sa vallée va s'élargissant et au delà du Pont-du-Gard s'ouvre dans la plaine de Remoulins. Le massif calcaire qui la borde au Sud, est entaillé par une série de *combes* ou ravins que séparent de hautes falaises.

L'une de ces combes, qui aboutit au Gardon en aval de Collias, est dénommée *Combe de l'Ermitage de Laval.* Très intéressante au point de vue géologique et géographique, elle a été bien étudiée dans un travail récent [2], ce qui nous dispense d'insister ici à son sujet. Elle présente, en haut de la paroi rocheuse qui la borde à l'Est, une grotte d'accès plutôt malaisé, la *Baoumo-d'en-aut*, en réalité sans nom jusqu'à maintenant et connue seulement de quelques chasseurs [3]. Elle a été désignée à tort sous le nom de « Grotte de l'Ermitage » par le regretté Félix Mazauric [*Le Gardon et son cañon inférieur* (*Mém. Soc. de Spéléologie*, 2, xii, avril 1898)] et par Paul Marcelin (*loc. cit.*).

La Baoumo-d'en-aut s'ouvre dans le Barrêmien récifal (Urgonien) à un peu plus de 70^m au-dessus du thalweg de la combe et à 95^m au-dessus du Gardon. Elle s'enfonce dans le calcaire sur une longueur explorable de 160^m, avec une différence de niveau de 55^m entre son ouverture et le cul-de-sac terminal. Des ruptures de pente et des rétrécissements stalagmitiques la divisent en trois « salles », dont la seconde est la plus intéressante au point de vue qui nous occupe.

L'un de nous, (J. B.), après avoir exploré et fouillé de nombreuses grottes de la région Baume-de-Pasques, Baume-des-Filles, Soubaou-de-San-

---

(1) Séance du 2 mai 1927.

(2) Paul Marcelin, *La Garrigue nîmoise : Études rhodaniennes*, 2. 1926. Lyon, Audin et Cie, éditeurs.

(3) Depuis les découvertes qui font l'objet de la présente Note, les visiteurs de plus en plus nombreux appellent la « Baoumo d'en-aut » *Grotte Bayol.*

P. M. et L. M.

Fredemou, etc., eut son attention attirée par la Baoumo-d'en-aut. Il y a peu de jours, il entreprit de fouiller la salle intermédiaire, au pied même des stalactites qui semblent la fermer, ne laissant libre qu'un étroit boyau pour accéder à la dernière. Là, sous un plancher stalagmitique intercalé dans l'argile sableuse qui forme le sol, il a recueilli les premiers éléments d'une faune qui promet d'être abondante :

Homme : Métacarpiens et phalanges d'une main droite et d'une main gauche.

Renne, Cheval : Bovidé de petite taille.

Capridé qui paraît pouvoir être rapporté au petit Bouquetin des Cévennes que Gervais a décrit sous le nom d'*Ibex cebennarum*, de la caverne de Mialet et qui a été signalé à La Salpétrière, près de Ganges, à la grotte Chabot, à la grotte du Figuier, etc.

Mais cette faune quaternaire retiendra moins l'attention que divers dessins tracés sur les deux parois de cette salle et peints soit avec de l'ocre rouge, soit en noir (charbon ou manganèse : une analyse précisera).

Ce sont des *mains* imprimées, c'est-à-dire obtenues par trempage dans la pâte colorée et application sur la paroi. Ce ne sont pas des mains cernées ou en négatif comme à Gargas ou à Castillo, mais des mains en positif, comme à Altamira. Elles sont assez nombreuses, droites et gauches, plus ou moins bien conservées. Ce sont aussi des silhouettes d'animaux : Bouquetin, Cervidé, Félidé, Cheval, Bison... et quantité de traits répondant à des dessins que le ruissellement des eaux a détruits ou recouverts d'un enduit calcaire.

Quel est l'ancienneté de ces dessins?

La présence de mains, le tracé exclusivement en profil très sommaire des animaux, font penser à l'Aurignacien (un niveau de cet âge existait dans la grotte de la Salpétrière, à 6^{km} de la nôtre). Le Bison situé plus près de l'ouverture, peut s'interpréter soit comme figuré avec la technique primitive qui se retrouve dans l'Aurignacien, soit comme étant du style dégénératif de la fin du Magdalénien. Il rappelle notamment un curieux bison sur plaquette calcaire de l'abri de la Genière (fouilles Cl. Côte, 1925) du Magdalénien final de la vallée de l'Ain.

Si l'on excepte les quelques *gravures* pariétales de la grotte Chabot, à 50^{km} au nord de Collias, dans la basse vallée de l'Ardèche, la Baoumo-d'en-aut serait la première grotte avec dessins, non pas incisés, mais peints, découverte dans le bassin du Rhône. C'est ce qui nous a engagé à la signaler ici sans attendre les résultats auxquels aboutiront, au cours des mois à venir, les fouilles qui viennent d'être commencées.

BOTANIQUE. — *Remarques au sujet de l'origine de l'amylase dans les cellules végétales.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

Dans une Note publiée antérieurement j'avais montré que l'hypothèse de l'origine cytoplasmique extraplastidale de l'amylase dans les cellules des plantes supérieures avait un caractère de probabilité au moins égal à la conception généralement acceptée qui situe la production de cette diastase dans le stroma du plaste. Mes observations postérieures sur les phénomènes d'amylolyse apportent à l'appui de l'hypothèse précitée des faits nouveaux très probants.

Si l'on examine, en effet, les raisons invoquées en faveur de l'origine plastidale de l'amylase, en ne retenant que celles qui sont fondées sur des faits concrets, et non sur des idées théoriques relatives à la réversibilité possible de cette diastase dans le stroma du plaste, il ne reste guère que les deux arguments invoqués depuis longtemps par A. Meyer : 1° La digestion de l'amidon qui se ferait d'une manière constante à l'intérieur du plaste dont l'écorce seule suivant cet auteur renfermerait l'amylase; 2° la digestion plus accentuée de l'amidon du côté de la calotte plastidale dans certains grains.

Le premier fait disparaît devant mes observations sur la digestion de l'amidon dans les cotylédons des légumineuses, qui montrent nettement que, dans de nombreux cas, la digestion du grain ne se fait pas à l'intérieur du plaste, mais au contact direct du cytoplasme; quant au deuxième, il est à remarquer qu'il n'a été signalé que dans un petit nombre de plastes et dans le cas de calotte verdissante.

Dans le cas de calotte incolore en effet aucune digestion plus active n'a été observée du côté de cette calotte. Bien plus, dans le cas où cette différence d'action digestive se manifeste chez les plastes verdissants, comme il arrive dans certains plastes des cellules superficielles du tubercule de pomme de terre où je l'ai constatée, elle n'existe ni dans les cellules profondes où les calottes plastidales restent incolores, ni dans les cellules superficielles des tubercules conservés à l'obscurité.

Ces observations montrent que cette différence d'action digestive est en rapport, non pas avec une épaisseur plus forte du stroma entraînant une production plus grande d'amylase, comme le pense A. Meyer, mais uniquement avec des modifications physiologiques liées au verdissement de ce stroma; elles sont nettement contraires à l'origine plastidale de l'amylase

car en admettant cette origine, on devrait constater une différence considérable de digestion entre le côté du grain contigu au stroma en calotte, qui a une épaisseur appréciable, et le côté opposé où le stroma est, comme je l'ai montré, d'une minceur qui le rend invisible au microscope même après coloration. Or, l'activité digestive est la même des deux côtés pour les plastes incolores du tubercule de pomme de terre et même bien plus accentuée du côté opposé à la calotte plastidale dans les grains d'amidon des écailles du bulbe du lis blanc ainsi que l'a montré récemment Miraton.

Il ne reste donc rien, dans le cas des plastes incolores, des arguments en faveur de l'origine plastidale de l'amylase, tandis qu'à ceux que j'ai déjà signalés autrefois à l'appui de son origine cytoplasmique, vient s'adjoindre le fait capital de la présence de cette diastase dans le cytoplasme démontré formellement par mes observations antérieures.

Il est à remarquer d'ailleurs que cette hypothèse explique d'une manière infiniment plus satisfaisante les faits que j'ai signalés sur les phénomènes de digestion qui accompagnent la déchéance physiologique définitive de nombreux plastes dans les cotylédons de certaines légumineuses. S'il est en effet naturel d'admettre que la variation de l'écorce plastidale se traduit à ce moment par une modification physico-chimique qui la rend perméable à l'amylase cytoplasmique et permet à celle-ci de pénétrer dans le grain d'amidon et d'y déterminer les fentes de digestion internes si accentuées chez le Pois à grain ridé et le Haricot d'Espagne, il serait au contraire bien difficile de supposer que cette action amylolytique si active soit produite par une écorce plastidale invisible à cause de sa minceur, même après coloration et d'autre part en état de déchéance physiologique. On ne pourrait pas non plus s'expliquer que dans certaines cellules, pendant le verdissement des cotylédons frais de Haricot commun, les plastes à stroma épaissi et vert digèrent leur amidon avec une activité bien moindre que ceux dont l'écorce restée mince et incolore a subi une déchéance définitive.

Quel sens faut-il alors attribuer au fait que dans les plastes amylifères à calotte verdissante l'activité digestive est parfois plus grande de ce côté. Si l'on remarque que cette différence d'action amylolytique est toujours très accusée, qu'elle se rencontre dans de rares végétaux et chez des plastes très peu nombreux, que la plupart des grains verdissants ne la présentent pas, alors même qu'ils sont pourvus d'une calotte épaisse, on voit qu'il s'agit là d'un phénomène d'une intensité nulle ou très faible, variable d'un plaste à l'autre, sur la fragilité duquel il n'est vraiment pas possible d'asseoir l'hypothèse d'une sécrétion de l'amylase par le plaste. Il est donc rationnel, dans

l'état actuel de la question, de s'arrêter à l'origine cytoplasmique de cette diastase qui étaye fortement l'ensemble des faits que j'ai exposés, et d'attribuer le phénomène précité à une cause secondaire en rapport avec la différence d'état physiologique des milieux où agit l'amylase, c'est-à-dire le stroma vert d'une part et l'écorce plastidale incolore qui le prolonge autour du grain d'amidon d'autre part.

CYTOLOGIE. — *Formation des noyaux antipodes dans le sac embryonnaire du* Fritillaria imperialis *L.* Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. Marin Molliard.

Les huit noyaux du sac embryonnaire, au moment où va se produire la fécondation, sont la résultante de trois divisions successives. Elles portent simultanément sur tous les noyaux contenus, à un moment déterminé, dans le sac embryonnaire. On peut numéroter ces divisions : I, II et III.

La division I affecte le noyau unique de la cellule mère du sac et donne deux noyaux fils par une cinèse dite pseudo-réductrice ou hétérotypique. L'un de ces deux noyaux peut être désigné par le nom de synergide primordial, l'autre par celui d'antipode primordial. Le premier est situé dans la région proche du micropyle, le second dans la partie opposée ou profonde du sac embryonnaire.

La division II affecte simultanément chacun des deux noyaux nés de la division I et donne quatre noyaux au total : deux synergides intermédiaires et deux antipodes intermédiaires.

Les deux cinèses se font sur un mode différent. La mitose du synergide primordial est dite réductrice vraie ou homéotypique. Cette division répartit le nombre 2N chromosomes en deux groupes égaux entre les deux noyaux fils; chacun d'eux contient donc N chromosomes simples.

La mitose du noyau antipode primordial s'effectue suivant le processus pseudo-réducteur de la division I ou hétérotypique. Il y a encore répartition des chromosomes en deux groupes de N chromosomes chacun, destinés aux deux noyaux fils; mais pendant la répartition, un clivage vient en annuler l'effet; il reconstitue, non pas 2N chromosomes, mais N gemini semblables à ceux de la division I. De sorte que les deux noyaux antipodes intermédiaires contiennent N paires de chromosomes identiques deux à deux.

Voici la suite des stades que j'ai observés pendant la cinèse II du sac embryonnaire, *la division de l'antipode primordial étant seule envisagée.*

1. *Interphase I-II.* — Le réseau est noduleux, on trouve deux à quatre nucléoles.

2. *Prophase II.* — Le réseau se contracte et s'allonge, les nucléoles se résorbent, le fuseau achromatique se différencie.

Les anastomoses transversales disparaissent progressivement; il n'existe bientôt plus qu'un spirème continu, formé de boucles en nombre haploïde dont la convexité est tournée vers les pôles du fuseau.

Les boucles se rompent à la hauteur de leur convexité, forment N portions de cordons chromosomiques équivalentes à deux chromosomes aboutés.

La portion médiane de ces chromosomes doubles, située à l'équateur du fuseau achromatique, subit un mouvement de torsion sur elle-même. De ce fait les deux branches, jusque-là sans contact ou même complètement étendues, se rapprochent l'une de l'autre. La torsion aboutit à la constitution de gemini en 8 semblables à ceux de la division I.

3. *Métaphase II.* — Les gemini se couchent plus ou moins exactement dans le plan de l'équateur; ils se rompent à la charnière. Leur extrémité libre s'insère au fuseau.

4. *Anaphase II.* — Chacune des branches est entraînée vers son pôle respectif et se clive simultanément. Ce sont des chromosomes accouplés, en V, ou chromosomes hétérotypiques qui montent vers les pôles.

5. *Télophase II.* — Les chromosomes se tassent, puis s'écartent, constituant les noyaux interphasiques II-III.

La division III porte sur deux paires de noyaux : deux synergides intermédiaires et deux antipodes intermédiaires.

Les deux synergides intermédiaires se divisent en conservant le nombre haploïde de chromosomes. Il en résulte quatre synergides définitifs; trois d'entre eux s'enferment chacun dans une cellule constituant l'oosphère centrale et les cellules synergides latérales classiques; le quatrième reste libre dans la portion centrale du sac embryonnaire.

Simultanément les deux antipodes intermédiaires entrent en mitose. Leur division ressemble à celle de l'antipode primordial et aboutit à la formation de quatre noyaux dont deux au moins sont normaux. Ces deux antipodes normaux sont situés en position supérieure par rapport aux deux autres qui occupent le fond du sac embryonnaire. Ils sont formés, comme les deux antipodes intermédiaires, de chromosomes géminés hétérotypiques. Ils contiennent donc N paires de chromosomes identiques deux à deux. Les deux autres antipodes présentent presque toujours un mode de division étrange qui mérite une étude particulière. Disons seulement que cette division a lieu simultanément avec nécrobiose plus ou moins accentuée.

Quant à la division du noyau antipode intermédiaire supérieur, voici les différences qu'elle présente avec la mitose de l'antipode primordial.

1. *Interphase II-III.* — Le réseau est normal avec quelques nucléoles.

2. *Prophase III.* — Elle présente la différenciation de cordons spirématiques répartis suivant un trajet largement zigzaguant à la surface du noyau. Cette prophase est assez longue.

3. *Métaphase. Anaphase. Télophase III.* — Les différences sont insignifiantes avec les phases II correspondantes.

Conclusions. — Les antipodes sont des noyaux à 2 N chromosomes, mais groupés en N gemini. Ils naissent d'une série de trois divisions hétérotypiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'origine de la coloration de la cire d'abeilles et la composition de la propolis.* Note de M. **George-F. Jaubert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La matière cireuse, qui n'est secrétée par les glandes cirières de l'abeille qu'à une température relativement élevée — de l'ordre de 40°C. — exsude sous la forme d'un liquide incolore et transparent, faisant prise par le refroidissement sous la forme d'écailles translucides comme du verre ou d'un blanc nacré absolument pur.

On peut s'en convaincre aisément en ramassant, au cours de l'été, sur le plateau d'une ruche, les écailles de cire que les abeilles laissent quelquefois tomber sans les utiliser. Nous avons constaté que l'on trouve souvent aussi ces mêmes écailles sous les opercules des rayons de miel; au cours de l'opération, qui consiste à recouvrir d'une mince couche de cire les alvéoles de miel concentré à point, les abeilles oublient de temps à autre, à la surface de ce miel, une écaille de cire que l'on retrouve au moment où l'on désopercule les rayons en vue de leur extraction par la force centrifuge.

Pourquoi la cire extraite des ruches est-elle toujours d'un beau jaune vif? C'est parce qu'elle est énergiquement teinte par une matière colorante organique que nous avons pu isoler à l'état pur.

En dehors des écailles de cire, dont nous venons de parler, la cire la plus blanche est, sans contredit, celle des opercules, qui est d'un blanc à peine jaunâtre.

Or, si l'on examine cette cire à la loupe, et souvent cette constatation peut se faire à l'œil nu, on remarque que les hexagones qui entourent les

opercules sont généralement enduits d'une sorte de vernis faisant un léger relief. François Huber l'avait déjà constaté et avait assigné à cet usage l'un des rôles les plus importants de la propolis dans la ruche : la consolidation des alvéoles et des rayons en général.

Si, de manière à pouvoir bien l'observer, on met à plat, dans une capsule en porcelaine, un morceau de cire d'opercules bien blanche, et que l'on chauffe doucement jusqu'à la température de fusion de la cire, on constate à ce moment que le vernis de propolis qui borde les hexagones se dissout dans la cire avec une couleur jaune vif et donne à toute la cire fondue la couleur jaune qu'on a l'habitude de lui voir.

Or, comme la cire est toujours extraite à chaud et que la cire est toujours mélangée dans la ruche avec de la propolis, on en conclut que la cire, naturellement blanche ou incolore, est simplement colorée par une matière colorante contenue dans la propolis.

Le problème se trouve ainsi ramené à l'étude de la composition de la propolis.

Après de nombreux tâtonnements, nous avons fini par constater que le colorant jaune de la propolis se combine avec certains sels comme ceux de fer, d'aluminium, de cuivre, de titane, d'uranium, etc., pour donner des laques insolubles et, une fois sur la voie, nous avons pu, par cet artifice, isoler la matière colorante à l'état pur et cristallisé. C'est la 1.3-dioxyflavone, ou chrysine, qui répond à la formule développée

O
HO C^6H^5
OH CO

Nous publierons ailleurs le détail de nos expériences, nous dirons simplement ici que — en dehors de 10 à 20 pour 100 de cire qu'elle contient toujours — la propolis est constituée, presque exclusivement *dans notre région*, par l'exsudat des bourgeons, des feuilles et des parties vertes du peuplier noir *Populus nigra*, var. *pyramidalis*.

Cet exsudat paraît constitué lui-même, et nous en faisons actuellement l'étude, par un glucoside formé de mélézitose et de 1.3-dioxyflavone.

En faisant des coupes minces de bourgeons, de feuilles ou d'écorce de peuplier, et en adoptant la technique recommandée par Goris, c'est-à-dire

la coloration à sec de ces coupes au moyen de gaz ammoniac, on reconnaît aisément au microscope la présence de la 1.3-dioxyflavone qui donne avec l'ammoniac des sels fortement colorés en orange vif.

La propolis possède une odeur agréable et tout à fait caractéristique. Or, c'est cette même odeur que l'on retrouve dans les bourgeons du peuplier noir.

Quant à la solubilité de l'exsudat de ce dernier dans les corps gras, elle est connue depuis longtemps, et il n'y a qu'à se rappeler le vieux remède des Pharmacopées anciennes, l'*Unguentum populeum* qui se prépare par extraction à chaud, au moyen d'une matière grasse (axonge ou beurre frais) des bourgeons de *Populus nigra*. Dans la teinture de la cire d'abeilles par ce même exsudat, la cire remplace simplement le beurre ou l'axonge.

Jusqu'à présent, il nous a été donné d'examiner de la propolis récoltée par nous, dans les environs de Paris, ainsi que les échantillons qui nous ont été envoyés par des correspondants de la Champagne, de la Loire, des Alpes-Maritimes et des Landes, et tous ces échantillons se sont montrés plus ou moins riches en 1.3-dioxyflavone.

Il serait intéressant de voir si la propolis recueillie dans des contrées complètement différentes de la nôtre contiendrait également cette même matière colorante.

Il est vrai que le peuplier est un des arbres les plus répandus : on connaît 18 espèces de peupliers d'Europe, d'Asie Centrale et Moyenne et de l'Amérique du Nord.

Il y a donc de grandes chances pour que la propolis contienne partout une quantité plus ou moins grande de 1.3-dioxyflavone, qui constitue, comme nous l'avons trouvé, la matière colorante de la cire d'abeilles.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Mode d'action de l'autohémothérapie.* Note de M. **Auguste Lumière** et Mme **Montoloy**, présentée par M. Roux.

Les heureux effets de l'autohémothérapie peuvent se manifester dans les affections les plus diverses, non seulement dans nombre de dermatoses telles que la furonculose, l'urticaire et la maladie de Quincke, les prurits et prurigos chroniques, le strophulus, l'eczéma, le zona, les dermites et dermatites de Brocq, mais aussi dans certains cas d'asthme, de corryza

spasmodique, d'états anaphylactiques et même dans quelques psychoses fonctionnelles, etc.

Comment expliquer que des maladies aussi disparates en apparence puissent être justiciables d'un mode de traitement univoque et comment comprendre le mécanisme de cette thérapeutique?

Prélever du sang dans un vaisseau et l'injecter dans les muscles n'ajoute aucune substance nouvelle à l'organisme et l'efficacité de l'opération *a priori* paradoxale.

En réalité la théorie colloïdale, confirmée une fois de plus par les expériences suivantes, donne la clef du phénomène.

Par ponctions cardiaques, prélevons chez trois cobayes 20^{cm^3} de sang que nous additionnons de 2^{cm^3} de solution de citrate de soude à 10 pour 100; centrifugeons et lavons la masse globulaire au sérum physiologique à quatre reprises pour éliminer le plasma et le citrate; après la dernière centrifugation, ajoutons 200^{cm^3} d'eau distillée; après hémolyse, ramenons à l'isotonie par le chlorure de sodium, puis filtrons enfin à la bougie : nous aurons de la sorte un extrait globulaire parfaitement limpide.

Préparons d'autre part du sérum de cobaye par centrifugation énergique de façon qu'il ne renferme aucun élément en suspension et qu'il soit d'une complète limpidité, puis mélangeons 2^{cm^3} de ce sérum avec $0^{cm^3},5$ d'extrait globulaire.

Suivant les sujets fournisseurs de sérums, nous observerons, au bout d'un temps qui varie de quelques secondes à quelques heures, la formation dans le mélange d'un précipité floconneux très facilement visible à l'œil nu.

Cette expérience montre que les colloïdes sériques et les colloïdes globulaires sont susceptibles de réagir les uns sur les autres. A l'état normal, dans le sang, ces colloïdes ne peuvent se mélanger, le protoplasma globulaire ne diffuse pas dans le milieu, il demeure à l'intérieur des cellules, retenu par la membrane semi-perméable qui limite vraisemblablement l'hématie, mais, quand le sang retiré des vaisseaux est introduit dans les muscles ou sous la peau, la lyse globulaire se produit, réalisant le mélange colloïdal et la réaction de floculation que nous avons observée *in vitro*.

Nous avons répété cette expérience en faisant varier les conditions de préparation de l'extrait globulaire, en opérant, par exemple, sur du sang défibriné et non citraté afin d'éviter l'action perturbatrice possible d'un produit chimique étranger; nous avons également fait réagir l'extrait d'hématies sur le plasma total rendu incoagulable par divers moyens et,

dans tous les cas, nous avons constaté que les liquides humoraux sériques ou plasmatiques donnent une floculation, quand on les mélange avec une petite quantité d'extrait de globules rouges.

L'autohémothérapie conduit donc, par conséquent, à une modification de l'état humoral du sujet chez lequel elle est pratiquée et cette modification, qui assure l'amélioration ou la guérison de certains malades, constitue un nouvel argument en faveur de la théorie colloïdale formulée par l'un de nous (¹).

SÉROLOGIE. — *Vitesse de floculation et vitesse de neutralisation du sérum antitétanique vis-à-vis de la toxine tétanique.* Note (²) de M. S. **Schmidt**, présentée par M. E. Roux.

Dans un travail antérieur j'ai montré la concordance existant entre la vitesse de floculation *in vitro* et la vitesse de neutralisation *in vivo* que présentent les sérums antidiphtériques vis-à-vis d'une même toxine diphtérique. En collaboration avec Madsen j'ai attiré l'attention sur le pouvoir curatif élevé de certains sérums présentant une grande vitesse de floculation comparé à celui d'autres sérums dont la vitesse de floculation est beaucoup plus faible.

J'ai pu faire des constatations analogues avec le sérum antitétanique : en choisissant des sérums antitétaniques présentant des différences dans leur vitesse de floculation, il est possible de retrouver les mêmes différences dans leur façon de réagir vis-à-vis de la toxine *in vivo*.

Prenons d'abord un sérum ayant une grande vitesse de floculation, floculant par exemple en présence de la toxine spécifique en 3 ou 4 heures à la température de 40° C. Immédiatement après la constitution du mélange toxine-sérum, injectons-en à des souris une dose correspondant à la dose Lo.

Après avoir porté le mélange au bain-marie à 40°, prélevons de temps à autre un échantillon que nous injecterons également à des souris. On constate alors qu'il faut moins de sérum pour neutraliser la toxine si on a laissé

(¹) Auguste Lumière, *La théorie colloïdale de la biologie et de la pathologie* (*Bibliothèque de synthèse scientifique*. Chiron, Paris, 1922).

(²) Séance du 2 mai 1937.

le sérum exercer son action sur elle pendant 4 heures avant l'injection que si celle-ci est pratiquée aussitôt le mélange préparé : un échantillon prélevé après 2 heures de séjour du mélange au bain-marie et injecté aux souris montre qu'à ce moment la neutralisation est loin d'être complète, elle ne le serait qu'après 4 heures de contact entre la toxine et le sérum à la température de 40°.

Étudions maintenant un sérum floculant très lentement en 15 à 16 heures par exemple, en présence de la même toxine utilisée dans l'expérience précédente. On constate une relation directe entre la vitesse de floculation et la vitesse de neutralisation : celle-ci n'étant complète qu'après 16 heures de séjour du mélange à 40°.

Même si l'on n'accorde à ces chiffres qu'une valeur relative, on constate que le sérum antitétanique provenant d'individus différents montre une affinité fort différente vis-à-vis de la toxine. Cette affinité n'est pas en rapport avec le pouvoir antitoxique et ne dépend pas de celui-ci. En effet dans les expériences rapportées ici, le sérum à floculation lente était cinq fois plus riche en antitoxine que celui à floculation rapide. De plus, dans le cas du premier de ces sérums, la différence entre les doses neutralisantes avant et après les quatre heures de séjour au bain-marie est de 15 à 20 pour 100, tandis que pour le second la différence est de 40 pour 100 ([1]).

Les expériences relatées ici montrent l'analogie existant entre les antitoxines diphtérique et tétanique en ce qui concerne le processus de floculation et de neutralisation vis-à-vis des toxines spécifiques.

Il résulte de ces essais et de ceux relatés antérieurement qu'il y a lieu de se demander s'il suffit, comme on le fait actuellement, de s'en tenir exclusivement au taux d'antitoxine d'un sérum pour exprimer la valeur de ce sérum ([2]). Il m'apparaît que des sérums antitétaniques convenablement

---

([1]) Il va de soi que la stabilité des sérums et des toxines employés doit être éprouvée avant les essais de neutralisation, car certaines toxines en particulier ne supportent pas sans altération un séjour prolongé à 40°. On doit employer aussi la toxine et le sérum purs ou dilués le moins possible; la dilution atténue les différences d'affinité.

([2]) G. Ramon, dans son Mémoire faisant connaître le phénomène de floculation dans les mélanges toxine-sérum antidiphtérique et les applications de ce phénomène au dosage de l'antitoxine et de l'antigène, montrait l'importance de la vitesse de floculation. Rappelant l'opinion déjà ancienne de E. Roux (1900) sur la valeur du sérum antidiphtérique, il indiquait que la véritable valeur de l'antitoxine diphtérique pouvait être représentée (grâce à la réaction de floculation) par la somme de deux valeurs; l'une correspondant au taux de floculation (unités d'Ehrlich); l'autre à la vitesse de floculation.

choisis, c'est-à-dire ceux présentant une grande vitesse de réaction *in vitro* et *in vivo* pourraient rendre des services dans le traitement sérothérapique du tétanos déclaré.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 7 mars 1927.)

Note de M. *A. Mesnager*, Sur la poutre rectangulaire chargée en un point :

Page 560, ligne 1, *au lieu de* $2h^3e : 3 = 1$, *lire* $2h^3e : 3 = I$; ligne 2, formule (4), *au lieu de* μ, *lire* $\frac{1}{\mu}$.

(Séance du 20 avril 1927.)

Note de M. *André Charrueau*, Sur une figure d'équilibre, de révolution, d'une masse liquide en rotation, soumise à l'attraction newtonienne entre ses particules et à la tension superficielle :

Page 961, lignes 13 et 15 et formule (1), *au lieu de* R et R', *lire* $\mathfrak{R}$ et $\mathfrak{R}'$.

Page 962, ligne 19, ajouter (5) comme numéro de la formule et, dans cette formule, *au lieu de* $\frac{\omega_2^2}{24f} R^2$, *lire* $\frac{\omega_2^2 \partial}{24f} R^3$.

(Séance du 25 avril 1927.)

Note de M. *Haroutune Anjour*, Sur une nouvelle méthode pour étudier le mouvement d'un corps solide :

Page 998, lignes 8 et 19, *au lieu de* $s =$, *lire* $S =$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 MAI 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce en ces termes à l'Académie la mort de M. **Gustave André** :

M. **Gustave André** était entré dans la carrière scientifique dans le laboratoire de Frémy, plus curieux des manifestations de la vie que de chimie pure. La nature n'avait pas perdu ses droits. Devenu Préparateur d'Histoire naturelle à la Faculté de Médecine il présenta à cette Faculté, à l'âge de 24 ans, une Thèse inaugurale de Doctorat *Sur la respiration végétale dans ses rapports avec l'hygiène*. Dès ses débuts, et d'inspiration, il avait trouvé la voie où il allait marcher sa vie durant, parmi les fleurs, et travaillant pour elles. Il était fils de l'architecte Louis-Jules André, membre de l'Académie des Beaux-Arts. Il fut attiré par le laboratoire de Marcelin Berthelot. Préparateur du Maître, il entreprend l'étude des oxychlorures et des oxybromures, imagine des procédés nouveaux de préparation et mesure la chaleur de formation de ces sels basiques. Son diplôme de Docteur ès sciences fut le fruit de ses recherches de chimie minérale.

Grâce à la création en 1883 de la Station de Chimie végétale de Meudon, annexée à la chaire de Chimie organique du Collège de France dont le titulaire était Berthelot, Gustave André put reprendre bientôt ses recherches premières de physiologie et de chimie des végétaux. Elles parurent assez méritantes à Berthelot pour qu'il associât son Chef de travaux à ses recherches personnelles. Pendant 15 ans, le nom de Gustave André, indissolublement allié à celui de Marcelin Berthelot, se retrouve au front de 47 Mémoires publiés par eux en collaboration, au plus grand profit de la science et à l'honneur des sentiments respectifs du maître et du disciple. La fécondité de cette union est connue de tous ceux qu'intéressent les

grands problèmes scientifiques et sociaux posés par l'étude de la nutrition des végétaux.

Les résultats acquis sont devenus classiques. La plupart des grandes questions de la chimie végétale ont été fouillées; les composés amidés complexes de la terre végétale et de l'humus, l'émission du bicarbonate d'ammoniaque, la chaleur de formation et de combustion des principaux amides dérivés des matières albuminoïdes, les matières organiques de la terre végétale et de l'humus, la respiration végétale, l'état des matières minérales dans la plante et dans le sol, la décomposition des matières sucrées et la formation d'humus, etc.

Dans l'examen des phénomènes de la vie des plantes, ce qui dominait pour Berthelot, c'était leur explication par les lois ordinaires de la Physique et de la Chimie; ce qu'y cherchait de préférence G. André, c'était la connaissance exacte et précise de ces phénomènes en eux-mêmes et des conditions de leur fonctionnement, dans des conditions variées. Son activité restait fidèlement attachée au service de l'agriculture.

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine, André fit siennes les préoccupations essentielles des physiologistes et des agriculteurs. Dans la chaire magistrale de chimie agricole de l'Institut national agronomique, qui lui fut confiée, il exposa les conditions dans lesquelles s'effectue l'évolution de la plante, les ressources que celle-ci offre à l'alimentation, les lois qui régissent la production végétale, tout ce que le chimisme des plantes et celui de leur support naturel, le sol, peuvent apprendre à l'agronome et au savant.

La nutrition des végétaux verts étant exclusivement minérale, il appartenait, d'après lui, à l'activité du monde végétal de tirer de leur inertie les éléments tombés dans l'indifférence chimique. Pour saisir ses procédés sur le vif, André comprit dans son analyse la série complète des transformations chimiques et biologiques qui se succèdent au cours de l'évolution de la plante.

Les corps ternaires, sucre, amidon, cellulose se forment sous l'influence de la lumière solaire dans les plantes vertes aux dépens du gaz carbonique de l'atmosphère; la matière vivante toutefois ne comporte pas seulement ces corps, et l'entrée en jeu de l'azote est indispensable à la formation du protoplasme, d'où l'importance du *cycle de l'azote*. G. André précisa son rôle à l'état gazeux, les conditions de son absorption par les plantes, celles de la nutrition azotée aux dépens des nitrates, des sels ammoniacaux et des matières complexes qu'on rencontre dans l'humus; grâce à lui, le méca-

nisme de la transformation de l'azote minéral en azote organique, nitrique, soluble et diffusible est mieux connu, comme aussi la nature des principaux corps azotés qu'on rencontre chez le végétal. Les transformations de la matière minérale et de la matière organique au cours de la germination, de l'accroissement, de la maturation ont été élucidées; et les migrations des matières hydrocarbonées, des matières azotées, des substances minérales à travers les organes ont pu être suivies chez les végétaux annuels et chez les plantes vivaces, ainsi que le transport des principes immédiats vers les organes de réserve.

Les études de G. André sur la constitution du sol ne le cèdent pas en importance aux précédentes. C'est sur le sol que l'homme a les moyens les plus puissants, par son action mécanique, par l'emploi de substances susceptibles de le modifier ou de concourir à la nutrition de la plante. C'est dans le sol en effet que la plante puise sa nourriture, parmi les substances minérales ou parmi les matières humiques issues des végétations antérieures. André mesura l'influence de l'humidité et celle des saisons sur la nitrification, par l'analyse comparée de sols acides et alcalins prélevés à des profondeurs variées. Il sut aussi mesurer le déplacement de la potasse et de l'acide phosphorique, des silicates et des phosphates, par des engrais comme le sulfate d'ammoniaque. On sait combien l'emploi des engrais azotés, nitrates et sels ammoniacaux, a amené de profondes transformations dans l'agriculture et augmenté les rendements des récoltes. Une part de ce progrès revient à André.

Analyste habile autant qu'expérimentateur zélé, son nom vivra avec ceux des maîtres de la chimie agricole qui ont montré l'importance relative des divers éléments du sol pour le développement des plantes; la façon dont ils se fixent dans les tissus, les procédés par lesquels la plante réalise les synthèses indispensables à son évolution. Son œuvre, si documentée, est une réserve de richesse végétale où toute une génération d'agriculteurs a puisé largement, un fonds, où il y a tout à prendre, et rien à résumer pour qui veut en profiter pleinement. Elle demeura comme l'épanouissement des travaux de chimie végétale de Marcelin Berthelot.

Les jours de Gustave André se sont écoulés, dans les laboratoires de Frémy, de Berthelot et de l'Institut agronomique, à chercher comment se nourrissaient les plantes. Sa vie a valu aux savants, ses collègues, de connaître les conditions qui présidaient à leur croissance et quels moyens étaient à la disposition de l'homme pour y satisfaire. Et en ce moment même, où nous déplorons sa perte, c'est sa voix qui dit aux épis de nos

champs « croissez et multipliez-vous », c'est sa main qui distribue la manne autour de nous, car quel autre a reversé plus que lui dans le *cycle de la vie* l'azote, le phosphore, la chaux, éléments qui dormaient stabilisés dans les profondeurs du sol depuis les périodes géologiques, et qui à chaque saison vont se concentrer, rançon des gloires françaises, dans les caisses nationales, après avoir été rendus assimilables par les plantes.

M. le **Président** annonce à l'Académie la mort de M. **Tschermak** :

L'an passé, l'Académie des Sciences s'unissait aux amis de **Tschermak** pour lui adresser à Vienne, à l'occasion du 90e anniversaire de sa naissance, ses sentiments de reconnaissance et d'admiration. Aujourd'hui, sa mort est profondément ressentie par les membres de la section de Minéralogie : à tous, cristallographes, géologues, minéralogistes, Tschermak a rendu par ses travaux d'éminents services.

L'œuvre de Tschermak, considérable par son étendue, brille par sa valeur; elle embrasse à la fois la cristallographie, la minéralogie et la pétrographie.

L'idée maîtresse qui l'a dirigé, et qui a valu à la science minéralogique quelques-unes de ses conquêtes durables, est basée sur une extension de la notion de l'isomorphisme, sur la possibilité de mélanges de plusieurs silicates élémentaires définis, pour constituer les diverses variétés d'un seul et même groupe naturel de minéraux. La famille des feldspaths tricliniques en a fourni la première application devenue célèbre. Ces minéraux d'après lui n'étaient pas limités à un petit nombre de types déterminés, comme on l'enseignait, mais formaient une série continue de mélanges en toutes proportions de deux d'entre eux, l'albite et l'anorthite, géométriquement isomorphes.

Pour établir cette théorie, qui eut une si grande influence sur l'évolution de la minéralogie moderne, Tschermak eut recours à de nombreuses analyses chimiques, à l'étude approfondie des propriétés cristallographiques intermédiaires entre celles des types extrêmes de la série, à la mesure comparée de leurs constantes optiques, à celle de leur densité croissant d'une façon régulière de l'albite à l'anorthite, et au fait que le volume moléculaire de l'albite égale celui (doublé) de l'anorthite; tout s'accorda pour prouver que les feldspaths tricliniques formaient en réalité une série à propriétés continues.

Ce fut pour Tschermak le point de départ d'une suite de recherches où il

appliqua cette même notion de l'isomorphisme à l'étude de familles minérales de composition complexe, expliquant, par le mélange en proportions variables de silicates définis, la composition et les caractères de leurs différents termes. Ses beaux travaux sur les feldspaths, les micas, les pyroxènes, les amphiboles, les scapolites, les épidotes, les clintonites et nombre d'autres, ont exercé une influence directrice dans la progression de la minéralogie au début de ce siècle et permis plus de précision à la pétrographie moderne. L'Académie sait, pour l'avoir vu déjà, que la minéralogie élève son essor à mesure que les progrès des sciences physico-chimiques lui prêtent un appui plus assuré.

Tschermak a contribué à la grandeur de l'édifice doctrinal de la minéralogie par ses théories personnelles sur l'isomorphisme et sur les pseudomorphoses, ses considérations sur les macles et sur les cristaux mimétiques. Il a, par l'application de ses profondes connaissances techniques à la pétrographie, contribué à dévoiler la structure intime des roches cristallines d'Autriche et celle des météorites du musée royal de Vienne. Par la publication enfin, du plus remarquable Traité didactique de cette science, et la création d'un Recueil périodique, fameux parmi les pétrographes, il a contribué de la plus durable façon au progrès de la minéralogie.

Ainsi, et tour à tour, observateur avisé, expérimentateur habile, chercheur original et savant pénétrant, Tschermak laisse en nous quittant une œuvre, des idées, des élèves! Élèves heureux qui pendant un demi-siècle entendirent retentir, à la gloire de la Terre, dans un même temps et dans une même Université, les voix de Tschermak et de Suëss, si regrettées des savants de France.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **A. Tchitchibabine**, de l'Université de Moscou, et à M. le Professeur **Kempisty**, de l'Université de Wilno, qui assistent à la séance.

LITHOLOGIE. — *Sur l'existence dans le sud de l'Annam d'une pépérite résultant de l'intrusion d'un basalte dans un sédiment à Diatomées.* Note de MM. **A. Lacroix** et **F. Blondel**.

L'une des questions les plus discutées de la géologie volcanique de l'Auvergne est celle de l'origine des *pépérites*. On désigne sous ce nom des roches essentiellement formées par de petits fragments anguleux de basalte

très vitreux, cimentés par une quantité variable de marne ou de calcaire. Deux opinions ont été formulées pour expliquer leur genèse [1]; l'une (Julien) consiste à regarder les pépérites comme formées par des matériaux de projection de volcans basaltiques retombés dans des lacs et cimentés par de la calcite; d'après l'autre (A. Michel-Lévy), elles résulteraient de l'intrusion d'un magma basaltique dans des sédiments calcaires, sans que le mécanisme de cette intrusion ait été précisé.

Au cours d'un récent voyage en Annam, nous avons trouvé, en allant de Dalat à Phan Thiet, un affleurement permettant de préciser l'origine intrusive d'une formation comparable à celle qui vient d'être définie. Un peu avant d'arriver au kilomètre 123, entre les villages de Dong Gia et de Tambou, une réparation de la route venait de mettre à découvert une coupe exceptionnellement fraîche.

Sous une couche mince de terre végétale, se voit, et sur une hauteur d'environ 4^m, une zone formée de petits fragments anguleux de verre noir basaltique assez bien calibrés, n'ayant que quelques millimètres de diamètre. Ce verre est parfois bulleux, mais non scoriacé; ses fragments sont régulièrement répartis dans un ciment terreux d'un gris jaunâtre, en moyenne peu abondant [2]. Par places, il existe des traînées d'une longueur de plusieurs centimètres, uniquement formées par du verre: ce verre est extrêmement fragile, comme trempé, il se brise en menus fragments dès qu'on veut l'extraire. Cette roche ressemble d'une façon frappante aux pépérites d'Auvergne, à la solidité près, car le ciment n'est pas cohérent et la roche se met facilement en miettes. En outre ce verre, de faciès obsidienique, est d'une fraîcheur parfaite, alors que des actions secondaires ont fortement hydraté celui des pépérites d'Auvergne et transformé en calcite les cristaux d'olivine qu'il renferme.

Il faut noter enfin l'existence de quelques gros blocs souvent sphériques, alignés, dont certains atteignent jusqu'à 3^{dm} de diamètre; ils sont constitués, à la périphérie, par le verre noir, au centre par du basalte compact, avec passage insensible de ces deux faciès l'un dans l'autre. Ce verre noir ne diffère pas de celui décrit plus haut; il est très fragile et lorsqu'on veut extraire ces boules basaltiques de leur gangue, il reste en partie adhérent à celle-ci.

---

[1] A. Michel-Lévy, *Bull. Soc. géol. France*, 3e série, 18, 1890, p. 892.

[2] A la base de cette pépérite se trouve un lambeau formé uniquement par cette matière, sans fragments d'origine volcanique.

Au niveau du fossé de la route, la zone pépéritique repose sur un basalte continu, dans lequel on observe la même succession que dans les boules, une écorce entièrement vitreuse d'abord, puis des portions de plus en plus pierreuses. A quelques mètres plus loin, le même basalte affleure encore, mais avec une structure doléritique.

L'examen du ciment de la pépérite fait voir qu'il n'est ni calcaire, ni essentiellement argileux; il consiste en un sédiment siliceux, riche en Diatomées, c'est une *randannite* impure; pour la première fois une telle roche à Diatomées est observée en Indochine.

De tous les faits qui viennent d'être exposés, l'on doit conclure ceci : Un magma basaltique, très fluide, est venu brusquement en contact avec un sédiment organogène recouvrant le fond d'un lac; il en est résulté tout d'abord son morcellement en petites portions aussitôt refroidies très brusquement : le verre résultant, très pauvre en petits cristaux ou en cristallites de minéraux silicatés, a été immédiatement divisé à son tour par retrait en menus fragments. Des portions du magma d'un volume plus grand n'ont subi un refroidissement instantané que périphériquement ; elles ont été ainsi entourées d'une enveloppe vitreuse protectrice qui, mauvaise conductrice de la chaleur, a permis un refroidissement lent, progressif, de la partie principale et, par suite, une cristallisation de plus en plus avancée de celle-ci. La grande finesse du sédiment formé par les Diatomées explique la forme plus ou moins sphérique qu'a pu prendre le magma avant sa consolidation. Le même phénomène de refroidissement progressif s'est produit aux dépens de la masse principale du magma qui a donné naissance au basalte en place.

On peut se demander s'il s'agit là d'une coulée épanchée à la surface du sol et ayant achevé sa course dans une dépression lacustre, ou bien d'une intrusion produite directement au fond d'un lac sans venue au jour. Peut-être l'étude détaillée de la région pourrait-elle apporter un éclaircissement à ce sujet; mais les exigences de notre itinéraire ne nous ont pas permis d'entreprendre une telle recherche. Toutefois, d'une part, la faible proportion des cristaux dans le verre impliquant pour le magma une très haute température au moment où il s'est trouvé en contact avec le sédiment humide, et d'autre part la grande cristallinité de la coulée doléritique au-dessous de la croûte mince de refroidissement brusque font pencher vers la seconde hypothèse. En tout cas, s'il s'agit d'une intrusion, elle a été très superficielle, car il n'existe pas de métamorphisme dans le sédiment et nulle trace de ces zéolites qui, dans certains gisements pépéritiques d'Au-

vergne, indiquent des phénomènes pneumatolytiques notables (apophyllite, zéolite fluorifère, du Puy de la Piquette). Néanmoins, d'une façon générale, un mécanisme de formation analogue à celui qui vient d'être indiqué peut être attribué à celles des pépérites de la Limagne auxquelles il est légitime d'appliquer l'hypothèse intrusive : mais là, le sédiment envahi était calcaire et non pas siliceux.

Les fragments de basalte sont assez abondants dans les pépérites auvergnates; il serait utile de les examiner à nouveau à la lumière des faits que nous venons de signaler et de voir si l'on n'y trouverait pas la disposition zonée des blocs de l'Annam.

En terminant, nous ferons remarquer que ces derniers sont comparables aux *pillow-lavas* des géologues anglais, mais celles-ci ne constituent pas des blocs isolés dans un sédiment; leur empilement forme toute la masse d'une coulée; ces « oreillers » de lave entassés les uns sur les autres ne possèdent pas souvent la parfaite sphéricité de certains des nôtres. Le basalte en boules du rocher d'Acicastello [1], près Acireale, en Sicile, constitue un bon exemple de pillow-lava, mais l'on y voit une particularité supplémentaire, chaque boule présente une division prismatique de retrait, les prismes articulés ainsi formés partent du centre pour se diriger vers la périphérie. Un peu d'argile seulement s'observe entre les boules basaltiques : il s'agit là d'un basalte intrusif dans un sédiment marin.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une règle empirique concernant le grossissement d'une lunette.* Note de M. **Maurice Hamy.**

Il existe, en optique astronomique, une règle empirique relative à la valeur du grossissement qu'une bonne lunette peut supporter : on doit pouvoir employer un grossissement atteignant le double de l'ouverture de l'objectif, évaluée en millimètres, sans que la netteté des objets, présentant des détails, ait à en souffrir.

Cette règle, trouvée par les praticiens, peut être rattachée aux faits connus de l'optique.

Un observateur qui examine directement à l'œil une source de diamètre angulaire assez petit ne se rend compte que cette source possède une

(1) Gaetano Platania, *Aci Castello, Ricerche geologiche e vulcanologiche* (*Mem. Classe di Scienze, R. Accad. degli Zelanti, Acireale*, 3e série, 2, 1902-1903, p. 14).

étendue angulaire non évanouissante que si ce diamètre est au-dessus d'une certaine limite L. Toute source, de diamètre inférieur ou égal à L, est, pour l'observateur, assimilable à un point lumineux géométrique; en sorte que son œil ne sépare pas deux points lumineux dont la distance angulaire est inférieure à L.

D'autre part une lunette, d'ouverture linéaire D, fournit, dans son plan focal, une image d'un point lumineux à l'infini, de diamètre angulaire égal à son pouvoir optique, soit en arc $1,22\frac{\lambda}{D}$, angle qui devient égal à $\varepsilon = 1,22\frac{\lambda}{D}G$, après le passage des rayons à travers un oculaire fournissant le grossissement G.

L'image d'un objet, à diamètre sensible, vue à travers l'oculaire, est la résultante de toutes les petites taches lumineuses, de diamètre ε, correspondant aux différents points de cet objet. Pour qu'elle paraisse nette à l'observateur, ε ne doit pas dépasser l'angle limite L, sous lequel l'œil est habitué à voir directement les petites sources lumineuses, assimilables pour lui à des points géométriques. Il faut donc

$$1,22\frac{\lambda}{D}G \leqq L,$$

et, dans cette inégalité, on doit donner à la longueur d'onde λ la valeur $0^{mm},0005$ des radiations les plus visibles du spectre. Le grossissement maximum est fourni par l'égalité

$$G = \frac{2000\,DL}{1,22},$$

D étant évalué en millimètres. Or, en remplaçant L par l'arc de $2'$, qui correspond sensiblement à l'acuité moyenne de l'œil normal, on obtient $G = D$.

GÉOLOGIE. — *Les conditions de dépôt du Bathonien supérieur dans la région de Caen.* Note [1] de M. **A. Bigot.**

Au-dessus de la pierre de taille de Ranville se succèdent des dépôts dont la nature et la disposition indiquent une accentuation du régime

(1) Séance du 9 mai 1927.

troublé de l'Oolithe miliaire et une plus grande variété des conditions de sédimentation ([1]).

Les assises supérieures du Bradfordien débutent par un ensemble de couches marnocalcaires, marneuses et argileuses, très fossilifères, réunies sous le nom de caillasse de Ranville. Eugène Deslongchamps a insisté sur la localisation des Ammonites dans ce faciès, considéré par lui comme un dépôt profond et sur la présence exclusive à ce niveau de la *Rhynchonella Boueti*.

Ces assises, dans une épaisseur inférieure à 6^{m}, présentent quatre surfaces durcies et perforées et sont terminées par une surface semblable. Le banc inférieur n'est souvent conservé que dans les cuvettes de la surface de la « pierre de taille » dont il nivelle les ondulations et dans lesquelles il a été protégé de la dénudation.

Cette disposition, que j'ai signalée en 1899, permet d'affirmer que la formation des surfaces de discontinuité ou *hard grounds* qu'on observe dans le Bathonien, coupant les couches en biseau, comporte non seulement une interruption dans la sédimentation, mais aussi un rabotement de la surface des couches, déjà perforées par des lithodomes, dont les trous sont souvent usés presque jusqu'au fond. Ce rabotement résulte de l'action de sédiments entraînés sur le fond de la mer par des courants rapides. Le ralentissement de la vitesse des courants, devenu suffisant pour arrêter le rabotement, n'a pas permis immédiatement aux sédiments de se déposer sur le fond ; de nouvelles générations de lithodomes ont percé la surface durcie, sur laquelle se sont développés des organismes fixés (Huîtres, Plicatules, Bryozoaires, Annélides), qui ne sont pas intéressés par l'usure. La sédimentation est devenue possible quand les eaux ont été suffisamment tranquilles pour laisser déposer les couches marneuses à Ammonites et les argiles à Brachiopodes de la caillasse, sur un fond habité par de très nombreux organismes.

Cette reprise de la sédimentation n'a pas mis fin au régime troublé des dépôts bathoniens. Les phénomènes d'usure se sont reproduits à plusieurs reprises pendant le dépôt de la « caillasse », accompagnés par places, et surtout dans les bancs supérieurs, d'une stratification oblique. A aucun niveau au-dessous de la caillasse la stratification entre-croisée n'est aussi accentuée et aussi constante que dans les calcaires qui surmontent le banc

---

([1]) A. Bigot, *Les conditions de dépôt du Bathonien inférieur dans le Bessin et la région de Caen* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1103).

perforé qui la termine. Cette stratification accuse le renouvellement du régime de courants rapides, sédimentant de nouveau des sables formés d'oolithes et de débris de fossiles, mal calibrés, et plus ou moins triturés. Au cours de ce régime de sédimentation troublée, certaines régions du fond de la mer étaient assez tranquilles pour permettre le développement de colonies d'*Hemicidaris*, de Pentacrines, de Comatules, rapidement ensevelies sur place, non seulement avant que les individus fussent dispersés, mais avant que les piquants, plaques, osselets fussent dissociés. On voit reparaître dans cette série des surfaces perforées, surmontées par des bancs d'argiles à Brachiopodes, parfois continues sur de grandes longueurs, mais qui peuvent être amincies et enlevées par rabotement. Ce régime ne se terminera qu'à la fin du Bradfordien, quand le faciès argileux du Cornbrash, début de celui de la série oxfordienne, se superposera à la surface perforée qui termine le Bradfordien.

De tous ces faits on doit conclure que la transgression bathonienne en Normandie ne résulte pas de l'affaissement graduel, régulier, d'une pénéplaine de terrains primaires, déja en partie recouverte par les dépôts du Lias et du Bajocien, transgressifs dans l'ensemble. L'apparition de la stratification oblique a coïncidé avec une importante accentuation de la transgression marine; cette accentuation a déterminé dans la mer la formation de courants rapides, qui ont, suivant les lieux et les moments, soit accumulé, en lits entre-croisés, les débris d'organismes triturés et les sables oolithiques, soit balayé les fonds, remanié les sédiments encore meubles et raboté des couches qui étaient probablement déjà durcies. Ces temps d'arrêt dans la sédimentation et de remaniement des dépôts correspondent à des épisodes d'accentuation de la transgression, pendant lesquels les courants ont apporté des sédiments amenés de régions situées en dehors de la zone des dépôts provenant des rivages, puisqu'ils ne renferment pas d'éléments terrigènes, et en particulier de quartz clastique. Ces sédiments proviennent de régions où, à l'époque de l'Oolithe miliaire, abondaient Échinodermes, Bryozoaires, Éponges siliceuses, et où la faune était très nombreuse et très variée pendant le Bathonien supérieur.

On est amené à concevoir, pendant le Bathonien, des conditions semblables à celles que M. L. Cayeux a envisagées pour expliquer l'histoire des minerais de fer de l'époque secondaire, c'est-à-dire la formation de ridements au fond de la mer, amenant, loin du rivage, la formation de hauts fonds dont le démantèlement ne comporte pas qu'ils aient été émergés, mais qui ont été usés par le passage des sédiments entrainés par de forts courants.

L'étendue, considérable dans toutes les directions, de la surface qui termine la pierre de taille de Ranville, ne permet pas de considérer cette surface comme une ancienne plate-forme littorale; les dépôts du Bradfordien n'ont, nulle part, dans la région de Caen, le caractère de dépôts de la zone intercotidale; ils ne présentent nulle part les cordons de galets habituels dans ces dépôts.

Les hard grounds du Bathonien de la région de Caen marquent des lacunes à la fois par absence de sédimentation et par ravinement; ils sont le résultat d'une dénudation sous-marine, sans émersion; ils témoignent d'une mobilité continuelle des fonds marins pendant cette période. L'amplitude de ces mouvements n'a pas été suffisante pour expliquer les différences de faciès par des différences de profondeur. Les dépôts de caillasse ne sont pas des dépôts profonds, s'opposant aux couches de rivage de la pierre blanche de Langrune. Les différences de faciès lithologiques et fauniques résultent de modifications dans la puissance des courants.

M. **J.-B. Charcot** fait hommage à l'Académie du *Rapport préliminaire sur la campagne du « Pourquoi-Pas » en* 1926.

NOMINATIONS.

M. **Alfred Lacroix** est désigné pour représenter l'Académie aux cérémonies qui auront lieu prochainement à l'occasion du centenaire de la naissance d'*Alfred Vulpian*.

M. **Félix Henneguy** est désigné pour représenter l'Académie à la cérémonie du centenaire de la mort de *Philippe Pinel*.

M. **Paul Janet** est désigné pour représenter l'Académie, le vendredi 3 juin, à la séance solennelle de la Société française des Électriciens, dans laquelle la *Médaille Mascart* sera remise à Sir *J. J. Thomson*.

M. **L. Lecornu**, **G. Kœnigs**, **A. Rateau**, **P. Janet**, **L. Guillet** sont désignés pour représenter l'Académie, le samedi 11 juin, à la séance solen-

nelle de la Société des Ingénieurs civils, destinée à commémorer le centième anniversaire de la réalisation industrielle de la *Turbine*, par *Benoît Fourneyron*.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Picard**, **Ch. Lallemand**, de la Division des Sciences mathématiques; MM. **E. Roux**, **H. Vincent**, de la Division des Sciences physiques; MM. **P. Janet**, **M. de Broglie**, Académiciens libres, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera la liste des candidats à la place vacante dans la Division des Académiciens libres par le décès de M. *Haton de la Goupillière*.

ÉLECTIONS.

M. **Henry F. Osborn**, par 45 suffrages, contre 1 à M. *Cesàro* et 1 à M. *Karpinsky*, est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place d'Astronome titulaire vacante à l'Observatoire de Paris.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** prie l'Académie de lui faire connaître son opinion au sujet de la *protection des réservoirs à essence contre la foudre*.

(Renvoi à la Commission des magasins à poudre.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° P. Lasareff. *Aperçu historique du développement des sciences exactes en Russie aux* XVIIIe *et* XIXe *siècles*.

2° *An Introduction to the Study of Experimental Medicine*, by Claude Bernard, translated by Henry Copley Greene, with an Introduction by Lawrence J. Henderson. (Présenté par M. M. Molliard.)

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Méthode de récurrence ou d'induction complète applicable à l'espace*. Note de M. **L. Leau**, présentée par M. Émile Borel.

M. Lebesgue a donné autrefois (¹), et pour le cas d'un segment de droite, une démonstration du théorème de Borel-Lebesgue qui repose sur le principe de l'induction complète dans le continu à une variable (²). Le principe a ici un double caractère, arithmétique et géométrique. Je me suis proposé de transposer d'une manière générale cette méthode fondamentale du domaine arithmétique au domaine géométrique. On démontre très simplement les deux règles suivantes, en s'aidant, pour la seconde, du théorème de Borel-Lebesgue.

Première règle. — Soit, dans l'espace euclidien, à un nombre quelconque de dimensions, un ensemble $\mathcal{E}$ borné et bien enchaîné.

Supposons qu'un théorème T ait un sens pour tout point de $\mathcal{E}$.

Désignons par E tout ensemble bien enchaîné contenu dans $\mathcal{E}$ et contenant les points d'un certain voisinage, sur $\mathcal{E}$, d'un point particulier A de $\mathcal{E}$.

Admettons que l'on sache démontrer que :

1° T a lieu pour les points d'un certain ensemble E;

2° Si P est un point limite de $\mathcal{E}$ et si T a lieu pour les points d'ensembles E_1, E_2, ..., E_n, ..., chacun contenu dans le suivant, la distance de E_n à P tendant vers zéro pour n infini, T a lieu pour les points de $\mathcal{E}$ appartenant à un certain voisinage de P.

(¹) *Leçons sur l'intégration*, p. 105.

(²) M. Oskar Perron en a fait récemment d'intéressantes applications (*Jahresbericht d. D. M. V.*, 35, 1926, p. 194).

Alors T a lieu pour tous les points de $\mathcal{E}$.

Démonstration. — Soient $\mathcal{E}_1$ l'ensemble, dense en soi, des points appartenant aux E pour les points desquels T a lieu, $\mathcal{E}_2$ son complémentaire sur $\mathcal{E}$. $\mathcal{E}_2$ est vide. En effet : 1° $\mathcal{E}_2$ ne contient pas de point isolé; 2° fermons $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ et soient $\overline{\mathcal{E}}_1$ et $\overline{\mathcal{E}}_2$ les ensembles obtenus; ils ont au moins un point commun B qui est un point limite de $\mathcal{E}_1$ et que (hypothèse 2°) ne saurait être un point de $\overline{\mathcal{E}}_2$.

Deuxième règle. — Soit, dans l'espace euclidien, à un nombre quelconque de dimensions, un ensemble $\mathcal{E}$ borné, bien enchaîné et parfait.

Supposons qu'un théorème T ait un sens pour tout ensemble bien enchaîné et parfait, inclus dans $\mathcal{E}$.

Désignons par E tout ensemble bien enchaîné, parfait, inclus dans $\mathcal{E}$ et contenant les points de $\mathcal{E}$ d'un certain voisinage d'un point particulier A de $\mathcal{E}$.

Admettons que l'on sache démontrer que :

1° T a lieu pour un certain ensemble E;

2° S'il a lieu pour E' et E'' il a lieu pour E' + E'';

3° Si P est un point de $\mathcal{E}$ et si pour les ensembles d'une suite E_n ($E_1 \leqq E_2 \leqq \ldots \leqq E_n \leqq \ldots$) telle que la distance de E_n à P tende vers zéro T est vrai; T est valable aussi pour un certain ensemble E_0 contenant les points de $\mathcal{E}$ d'un certain voisinage de P.

Alors T est vrai pour $\mathcal{E}$.

Démonstration. — Soient $\mathcal{E}_1$ l'ensemble des points qui appartiennent, ainsi qu'un de leurs voisinages sur $\mathcal{E}$, à l'un quelconque des E pour lesquels T a lieu, $\mathcal{E}_2$ l'ensemble complémentaire sur $\mathcal{E}$.

1° $\mathcal{E}_2$ est vide, car $\mathcal{E}_2$ n'a pas de point isolé et si l'on ferme $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$ comme plus haut on est conduit à la même contradiction.

2° Tout point de $\mathcal{E}$ faisant partie, ainsi qu'un de ses voisinages sur $\mathcal{E}$, d'un des E considérés il existe (théorème de Borel-Lebesgue) un nombre limité de ces E pour lesquels cette propriété subsiste. Il ne reste donc qu'à utiliser la deuxième hypothèse.

A côté de ces règles d'autres trouveraient très probablement place. Telles quelles elles simplifient notablement des démonstrations classiques. Elles paraissent devoir être dans certains cas d'une application directe plus facile que le théorème de Borel-Lebesgue puisque (dernière hypothèse pour chacune) elles demandent un effort moindre de démonstration.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions de la classe* I. Note de M. **A. Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

Le but de la Note présente est de compléter les résultats de notre Note [1] sur les suites de fonctions de la première classe. Dans la Note citée nous n'avons point donné une résolution complète du problème posé. Nous avons donné une condition nécessaire et suffisante pour qu'une suite de fonctions ponctuellement discontinues sur un intervalle donne en limite une fonction possédant les mêmes propriétés. Nous voulons répondre dans la Note présente sur la question posée dans la Note citée.

Soit $f_1(x), f_2(x), f_3(x), \ldots$ une suite de fonctions de la classe (I), qui converge vers la fonction $f(x)$ sur l'intervalle $(0,1)$.

La condition nécessaire et suffisante pour que $f(x)$ de la classe non supérieure à la première est la suivante.

« Étant donnés un nombre $\varepsilon > 0$, un nombre $N > 0$ et un ensemble parfait P quelconque sur $(0,1)$, il est possible de trouver un nombre $n > N$ et un intervalle (α_n, β_n) (dont la longueur et la position dépendent de n) telles que :

$$|f(x) - f_n(x)| < \varepsilon$$

dans tous les points de P situés dans l'intervalle (α_n, β_n). »

Cette condition est naturellement plus étroite que la condition de la Note citée.

Je profite de l'occasion pour remarquer que ce résultat est une conséquence immédiate de la théorie de la convergence à moins de ε près due à M. de la Vallée Poussin dans son *Cours d'Analyse*. De plus ce résultat a été bien connu de M. P. Alexandroff (sans être publié) depuis 1914, indépendamment de nos recherches. Comme cas particulier de notre condition, nous avons une condition suffisante très simple : L'ensemble des points de convergence uniforme est dense sur chaque ensemble parfait. Cela aura lieu si l'intervalle $(\alpha_n \beta_n)$ est indépendant du nombre n.

---

(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1302.

AVIATION. — *Sur les plus grandes distances franchissables sans escale et la capacité de transport des avions de l'avenir sur les longs parcours.* Note [1] de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Rateau.

Dans une Note récente [2], j'ai indiqué un parcours sans escale de 8 à 9000^{km} comme certainement réalisable pour un avion de record en tenant compte à la fois des derniers progrès acquis en aviation et des progrès imminents.

Ces chiffres relatifs à un avenir très proche ne constituent pas la limite de ce qu'on peut attendre de l'avion sous ce rapport *dans un avenir plus éloigné*. Je voudrais aujourd'hui montrer que cette limite est certainement beaucoup plus élevée.

La formule du rayon d'action L d'un avion par vent nul, au *régime optimum défini dans la Note citée*, peut s'écrire :

$$(1)\quad L_{km} = \frac{622}{m.c_x/c_z.\eta} \log \frac{1}{0{,}95\alpha + \dfrac{k.V.c_x/c_z.\eta}{283} q + 0{,}95\beta + \dfrac{0{,}95}{0{,}8}\mu + 0{,}05},$$

m, consommation moyenne des moteurs en kilogrammes d'essence et d'huile par cheval-heure, au *régime optimum* envisagé ;

α, rapport du poids du planeur, aménagements non compris, au poids total P à pleine charge ;

β, rapport à P du poids de l'équipage et des appareils de navigation ;

μ, rapport à P de la charge marchande utile, le poids des aménagements et carrosserie correspondants étant compté pour 25 pour 100 de cette charge utile ;

k, rapport de la puissance nominale à la puissance utile à pleine charge et au *régime optimum* envisagé ;

q, poids spécifique des groupes motopropulseurs en kg/ch nominal.

Dans cette formule, le poids des réservoirs est évalué à 5 pour 100 du poids de la charge de combustible et lubrifiant avec leurs réservoirs.

Pour obtenir, pour un avion terrestre, le rayon d'action de 9000^{km} au *régime optimum* indiqué dans la Note citée, il suffit de faire :

$$(\text{I})\quad \begin{cases} m = 0{,}21\,; & c_x/c_z = 0{,}095\,; & \eta = 0{,}75\,; & V = 175\,\text{km:h}\,; \\ \alpha = 0{,}16\,; & \beta = 0{,}06\,; & \mu = 0\,; & k = 1{,}5\,; & q = 1{,}3. \end{cases}$$

---

[1] Séance du 9 mai 1927.

[2] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 807.

Ainsi qu'il a déjà été dit, ces chiffres sont plausibles et la plupart d'entre eux sont même déjà réalisés.

Si l'on suppute les progrès *réalisables de façon certaine*, *quoique à une date encore indéterminée*. on peut faire les hypothèses suivantes :

$$\text{(II)} \quad \begin{cases} m = 0,19; \quad c_x/c_z = 0,07; \quad \eta = 0,78; \quad V = 175; \\ \alpha = 0,15; \quad \beta = 0,06; \quad \mu = 0; \quad k = 1,35; \quad q = 1,3. \end{cases}$$

La formule (1) montre que le rayon d'action par vent nul au *régime optimum* d'un avion établi spécialement pour un record passe alors à 17800^{km}. L'altitude en fin de vol atteint 10300^{m} environ, ce qui pose le problème d'installations spéciales appropriées au vol à haute altitude.

Il me paraît très difficile que l'on puisse dépasser dans l'avenir un rayon d'action au *régime optimum* de l'ordre de 20000^{km} environ.

Un parcours de plus de la moitié du tour du monde à l'équateur sans escale ne présenterait d'ailleurs pas d'intérêt pratique.

Les plus longs parcours sans escale intéressants sont ceux qui correspondent à un rayon d'action pratique L', c'est-à-dire, tenant compte d'un vent contraire moyen de 40 à 50 km : h par exemple, de l'ordre de 4 à 5000^{km} (France-New-York avec escale aux Açores ou à Terre-Neuve; France-Indo-Chine avec escale en Syrie et aux Indes Françaises, etc.).

En reprenant les hypothèses (I) et (II) et en supposant $\alpha = 0,20$ pour tenir compte de l'alourdissement du planeur nécessité par son adaptation aux grandes traversées maritimes, on peut calculer que, pour des rayons d'action réels L' de 4000 et 5000^{km} par vent contraire moyen de 40 km : h, ces hypothèses permettent d'emporter *les charges marchandes relatives* μ indiquées par le tableau suivant :

Hypothèses.	L' (km).	μ.	Altitude en fin de vol (mètres).
(I) ($\alpha = 0,20$)......	4000	11,65 °/°	5000
	5000	6,6 °/°	6150
(II) ($\alpha = 0,20$)......	4000	29,4 °/°	3275
	5000	24,6 °/°	4075

Les valeurs de μ, dans les conditions (I), *dès maintenant réalisables*, permettent d'affirmer la possibilité *commerciale* de la liaison aérienne France-Amérique du Nord.

Les valeurs de μ, dans les conditions (II), *certainement réalisables*, *mais à une date encore indéterminée*, font justice de l'opinion parfois émise jadis que l'avion ne pourrait avoir, pour les transports à longue distance, qu'une

capacité de fret très faible. Elles montrent, *au contraire*, que sur des parcours réels de 4 à 5000^{km} sans escale, l'avion de l'avenir pourra avoir une *capacité de fret utile considérable*, c'est-à-dire transporter, avec un confort suffisant, une charge marchande représentant une *fraction importante du poids total*, de l'ordre de 20 à 30 pour 100 de celui-ci.

Il est *important* de remarquer que, dans le cas des hypothèses (II), l'altitude en fin de vol, pour un rayon d'action réel de 4000 à 5000^{km}, ne dépasse pas 4000^{m}. Les difficultés posées par le problème du vol normal à haute altitude se trouvent ainsi éliminées en même temps que la variation de l'influence des résistances passives des moteurs sur leur consommation se trouve suffisamment réduite pour permettre de voler avec une consommation spécifique des moteurs *constamment* très voisine du minimum de celle-ci.

PHYSIQUE. — *Action des sels sur les métaux.*
Note [1] de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le cuivre et le fer chauffés en présence de sels donnent lieu à trois phénomènes distincts :

1° *Augmentation du volume du métal.* — Cette augmentation de volume est accompagnée d'un accroissement de la résistance électrique. Le chauffage de cuivre dans des chlorures de potassium, de baryum ou de strontium produit un accroissement considérable de son volume [2] pour une quantité de sel de l'ordre du dix-millième.

Ce phénomène se produit quand le métal et le sel ne réagissent pas.

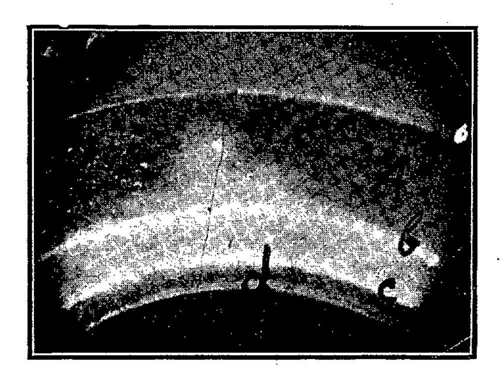
2° *Cémentation.* — La cémentation proprement dite du métal par un sel se produit quand ce sel peut être décomposé par le métal. Tel est le cas du cuivre chauffé dans $NaCl$, $CaCl^2$, $NiCl^2$ et $CrCl^3$. Cette action est facilitée par la volatilité des sels. Le rôle de ces vapeurs est démontré par l'expérience suivante : On met dans un tube de verre Pyrex le sel volatil ($NiCl^2$), on chauffe ce tube à la température où le verre commence à s'amollir. Après un chauffage de quelques heures la vapeur de sel pénètre dans le tube. En le cassant on observe un ou deux anneaux concentriques.

En ajoutant du cuivre on observe que la pénétration des vapeurs dans le tube se fait comme s'il y avait plusieurs sels volatils. On distingue quatre anneaux concentriques dont les deux derniers colorés en rouge.

(1) Séance du 9 mai 1927.
(2) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1962, et **179**, 1924, p. 887.

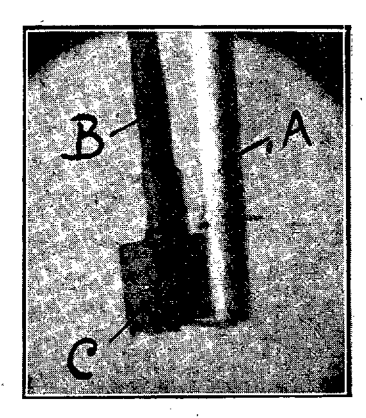
D'autre part les vapeurs échappées du tube déposent sur celui-ci du cuivre, la vapeur contient alors un produit instable. Ce phénomène explique la formation de cristaux de cuivre déjà observée (¹).

3° Lorsqu'on chauffe une baguette de cuivre dans les vapeurs de $CrCl^3$ à la température de 800°C., on observe en outre des phénomènes ci-dessus une fusion de la baguette à sa surface. L'expérience est la suivante : Un tube de porcelaine chauffé verticalement dans un four électrique contient à la partie supérieure une baguette de cuivre fixée concentriquement. La partie inférieure du tube contient le $CrCl^3$. Le sel se trouve à quelques centimètres au-dessous de la baguette. Les extrémités du tube sont bouchées avec de l'amiante. Après un chauffage de 20 heures à 800°C., on observe sur les parois un sel verdâtre et au bas du tube le cuivre coulé. L'analyse faite par M. Wiertelak a montré que le cuivre coulé ne contient ni chrome, ni chlore, mais seulement 0,8 pour 100 de fer entré sans doute par accident.



× 20.

A, le verre transparent; *b* et *c*, les anneaux blancs produits par absorption des vapeurs de $NiCl^2$; *d*, deux anneaux produits par absorption d'autres vapeurs.



A, baguette de cuivre avant le chauffage; B, baguette après le chauffage; C, le cuivre coulé qui a pris la forme du tubes.

On peut attribuer ces phénomènes à l'absorption des vapeurs de $CrCl^3$ par le cuivre accompagnée soit d'une élévation de température d'où résulte la fusion et sublimation du cuivre, dont les vapeurs se combinent chimiquement avec les vapeurs de $CrCl^3$; soit de la formation d'un composé chimique volatil avec un dégagement de chaleur produisant la fusion du cuivre.

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 516.

Les phénomènes décrits ci-dessus expliquent les divers faits observés dans l'émission thermo-ionique des métaux incandescents recouverts des sels, à savoir : 1° leur fragilité après un chauffage prolongé ; 2° accroissement de l'émission électronique des métaux qui peut être due soit à l'action chimique entre le métal et les sels, soit entre les sels mêmes (c'est ce que j'ai aussi observé), soit enfin par élévation de température du métal à sa surface par action du sel.

ONDES HERTZIENNES. — *Étalonnage direct d'un ondemètre en fonction des harmoniques d'un diapason.* Note de MM. **F. Bedeau** et **J. de Mare**, présentée par M. A. Cotton.

Cet étalonnage est effectué actuellement soit par la méthode bien connue du multivibrateur Abraham-Bloch [1], soit par la méthode de Dye [2].

Nous nous sommes proposé de réaliser un ensemble ne comportant pas, comme le multivibrateur, un circuit à ondes entretenues, dont la fondamentale doit être continuellement réglée sur un harmonique du diapason.

De même que Dye, nous avons monté un diapason entretenu électriquement au moyen d'une triode ; le courant plaque de celle-ci passe dans le primaire d'un transformateur à noyau de fer dont le secondaire est relié à la grille d'une lampe A, rendue très négative ; dans ces conditions, le courant plaque de cette triode est supprimé non seulement pendant les alternances négatives, mais encore pendant une partie des alternances positives [3]. Le courant plaque de A traverse une bobine shuntée par un condensatenr C ; on conçoit que tout se passe comme si un tel courant était très riche en harmoniques. On s'en assure en effectuant un montage identique à celui utilisé lorsqu'on opère avec le multivibrateur Abraham-Bloch ; on emploie un hétérodyne auxiliaire et l'écoute se fait au téléphone T d'un récepteur recevant simultanément les ondes émises par l'hétérodyne et par le circuit plaque de A. L'expérience montre qu'en faisant varier la capacité C on obtient tous les harmoniques du son fondamental du diapason ; cette capacité C peut d'ailleurs varier dans de larges limites, sans modifier l'intensité des harmo-

---

(1) Abraham-Bloch, *Ann. de Phys.*, 12, 1919, p. 237.

(2) Dye, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 224, 1924, p. 259-300.

(3) Ce dispositif n'est autre que celui étudié par l'un de nous pour la mesure des différences de potentiel maxima (*Onde électrique*, n° 39, 1925, p. 462).

niques, les réglages sont donc très rapides. Chacun des harmoniques est décelé avec une extrême précision, puisqu'ils le sont par une méthode de battements, il ne subsiste plus que le son du diapason lorsque l'accord rigoureux est réalisé.

Au lieu de rendre la grille de A très négative, on peut ntiliser un point de fonctionnement placé vers le milieu de la caractéristique, à la condition d'avoir une tension grille suffisamment élevée. Nous avons constaté à l'oscillographe cathodique que le courant plaque est représenté en fonction du temps par une série de droites horizontales raccordées par des lignes que l'on peut en première approximation assimiler à des droites verticales.

Avec cet appareil, nous avons étalonné un contrôleur pour les longueurs d'ondes supérieures à 3000^{m}, cette dernière correspondant au 77e harmonique environ. Il n'est nécessaire d'utiliser ni le circuit de choc du contrôleur, ni son circuit d'écoute; d'ailleurs la graduation du contrôleur par la méthode de résonance ou même par la méthode de zéro n'eût pas été assez précise pour le but que nous nous proposions (mesure de la fréquence fondamentale d'un quartz piézo-électrique). Le circuit à étalonner est légèrement couplé à la bobine de l'hétérodyne et l'écoute se fait toujours au téléphone T du récepteur; on règle l'hétérodyne sur un harmonique du diapason de telle sorte que les battements disparaissent et que l'on n'entend plus que le son du diapason; on agit alors sur la capacité C_1 du contrôleur. Lorsqu'on est au voisinage de la résonance, la réaction du contrôleur sur le circuit d'hétérodyne fait réapparaître les battements; ceux-ci disparaîtront au moment de l'accord exact et, comme il est bien connu, le contrôleur, à ce moment, ne perturbe plus le circuit d'hétérodyne.

Les pointés sont extrêmement précis et il est nécessaire de monter en parallèle avec le condensateur usuel de 2 mμf du contrôleur un condensateur de faible capacité (0,5 mμf) dont le curseur est pourvu d'un vernier au dixième. Dans la région du condensateur que nous avons utilisée, une variation de capacité correspondant au dixième de degré produisait une variation de fréquence égale à 6,4 vibrations par seconde, la fréquence mesurée étant de l'ordre de 60000.

La fréquence fondamentale du quartz étant déterminée, on peut étalonner l'ondemètre pour les longueurs d'ondes inférieures à 3000^{m}, au moyen des harmoniques du cristal. Le cristal joue alors le même rôle que le diapason dans l'expérience précédente. Nous avons pu ainsi obtenir des harmoniques correspondant à des longueurs d'ondes de l'ordre de quelques mètres et l'on peut vraisemblablement descendre très au-dessous.

MAGNÉTISME. — *L'influence des actions mécaniques et des courants alternatifs sur les discontinuités d'aimantation du fer.* Note (¹) de M. **St. Procopiu**, transmise par M. P. Weiss.

1. L'aimantation d'une substance ferromagnétique se fait d'une manière discontinue. Le phénomène a été constaté par les expériences de Barkhausen (1919) (²) : l'aimantation progressive d'une substance provoque des courants induits qu'on peut étudier au moyen d'un amplificateur de T. S. F.; ces courants induits sont dus au renversement de l'aimantation des domaines élémentaires, dans les branches irréversibles des cycles d'aimantation (P. Weiss et G. Ribaud, 1922).

Van der Pol (1921) et R. Forrer (1926) ont trouvé de grandes discontinuités d'aimantation pour le ferronickel et le nickel soumis à un traitement spécial.

Le but de cette Note est d'exposer deux cas dans lesquels le fer présente de fortes discontinuités d'aimantation : 1° par des chocs mécaniques et 2° par une aimantation transversale alternative, obtenue en faisant traverser la tige de fer à étudier par un courant alternatif. Dans les deux cas, les particules aimantées élémentaires se trouvent dans un état de vibration qui facilite les renversements par l'aimantation progressive.

2. *Le dispositif expérimental.* — La tige de fer à étudier est placée à l'intérieur d'une bobine. Les courants induits dans la bobine sont amplifiés au moyen de deux amplificateurs à trois lampes triodes chacun, rectifiés au moyen d'un détecteur à galène, et constatés par un galvanomètre de sensibilité médiocre (10^{-7} amp/m).

L'aimantation de la tige de fer se fait par l'approche ou l'éloignement d'un aimant en barreau.

3. Résultats. — *Hystérésis.* — Lorsqu'on approche un aimant de la tige de fer, le phénomène de Barkhausen est décelé depuis une distance de 3 à 4^{cm}; mais lorsque alors on éloigne l'aimant, le phénomène persiste

(¹) Séance du 9 mai 1927.

(²) Des observations analogues avaient été faites par P. Curie (*Œuvres*, 1908, p. 143, en note) : Un tore de fer doux était recouvert de deux bobines de fil, l'une en communication avec un galvanomètre sensible, dans l'autre circulait un fort courant constant. « Tant que le fer n'est pas saturé, on a des déviations au galvanomètre dues visiblement aux trépidations inévitables qui facilitent l'aimantation du fer. »

jusqu'à 40^{cm} et même plus. Arrivé à cette distance, si l'on retourne le pôle contraire vers la tige de fer et l'on avance vers elle, le phénomène est sensible à l'approche, bien que la distance soit grande.

L'allure du phénomène est due à l'hystérésis.

Lorsqu'on approche l'aimant de la tige non aimantée, l'aimantation se fait sur la courbe de première aimantation, mais lorsqu'on l'éloigne on se meut sur la partie de plus grande variation d'aimantation due au cycle hystérétique.

Actions mécaniques. — Le simple fait de toucher une tige de fer aimantée ou même la torsion de la tige à l'intérieur de la bobine provoque le phénomène de Barkhausen.

Si l'on applique des chocs mécaniques à une tige de fer pendant qu'on décrit un cycle d'aimantation, par l'approche et par l'éloignement d'un aimant, on constate que les chocs augmentent les impulsions galvanométriques lorsqu'on se trouve sur la branche ascendante et ils diminuent le phénomène sur la branche descendante du cycle d'aimantation.

Mais le phénomène est bien plus important pour une tige de fer qui, n'étant soumise à l'action d'aucun aimant, est frappée en bout. On constate, pendant qu'on frappe, de fortes impulsions au galvanomètre et sans fatigue pour le phénomène. Ces impulsions (β) s'obtiennent même avec les échantillons qui montrent un faible effet Barkhausen à l'approche d'un aimant (α). C'est ce que montre le tableau suivant :

Substance.	α.	β.
Lame mince de fer	60^{mm}	80^{mm}
Fil $0^{mm},5$ diamètre	30	30
Fil acier	0	30
Tige 10^{mm} diamètre	3	50-100

Action d'un courant alternatif (aimantation transversale alternative). — Faisons passer un courant alternatif par la tige de fer à étudier. Si l'on approche ou l'on éloigne un aimant de la tige traversée par le courant alternatif (50 périodes), on constate que les impulsions galvanométriques deviennent dix à quinze fois plus grandes par rapport à l'impulsion obtenue lorsque la tige n'est pas traversée par le courant alternatif. Le phénomène est tout aussi grand pour la tige épaisse qui présente un faible effet direct. Voici quelques nombres :

Courant (ampères)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Impulsion galvano	10	50	115	150	180	195

L'effet augmente, dans des conditions analogues, avec l'intensité du courant alternatif, et paraît tendre vers une limite. Mais l'effet n'est pas dû au courant alternatif direct, mais à l'aimantation circulaire qui en résulte. Ceci est prouvé par l'expérience suivante : Mettons à l'intérieur de la bobine exploratrice une lame de fer enroulée en cylindre et suivant l'axe de ce cylindre introduisons un fil de cuivre. Si le fil de cuivre est traversé par le courant alternatif, l'approche ou l'éloignement d'un aimant du cylindre de fer provoque des impulsions galvanométriques tout aussi grandes que si le courant traversait directement le cylindre de fer.

Quant au courant continu, il provoque une diminution de l'effet Barkhausen, conformément aux observations de Gerlach et Lertes.

SPECTROSCOPIE. — *Structure de la bande d'absorption ultraviolette de l'ozone.* Note de MM. **D. Chalonge** et **M. Lambrey**, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre d'absorption ultraviolet de l'ozone se compose essentiellement d'une grande bande s'étendant de 3450 à 2300 Å, dont la forme générale a été étudiée quantitativement par Fabry et Buisson (1). Sur la pente de cette grande bande, entre 3450 et 3050 Å, s'étagent des bandes fines, dites bandes de Huggins, qui ont été étudiées par plusieurs auteurs (2). Récemment Shaver (3) a montré que la région du maximum se résolvait également en bandes fines.

Nous avons pu constater que le système de bandes de Shaver, d'une part, se prolongeait du côté des courtes longueurs d'onde, de l'autre se raccordait à celui de Huggins, et établir ainsi la structure complète de la grande bande ultraviolette. Au contraire de celles déjà connues, les bandes que nous avons mesurées sont difficilement observables. Nous n'avons pu les déceler que grâce à l'emploi du spectre continu de l'hydrogène (4).

Les clichés présentent à l'œil l'apparence d'une série de maxima et de minima larges et peu contrastés. Cependant l'enregistrement au micropho-

(1) Fabry et Buisson, *J. de Phys.*, 3, 1913, p. 193.

(2) En particulier, Fowler et Strutt, *Proc. Roy. Soc.*, A, 93, 1917, p. 577.

(3) Shaver, *Proc. Roy. Soc. Can.*, 15, 1921, sect. III, p. 5.

(4) Lambrey et Chalonge, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1057.

tomètre (courbe A donnant l'opacité de la plaque en fonction de λ) ne présente pas de maxima, mais seulement une série d'ondulations étagées sur une courbe moyenne ascendante B. Dans le Tableau I nous indiquons les points où l'écart de la courbe A avec la courbe moyenne B est maximum : c'est là une première approximation dans la position de ces bandes nouvelles.

Tableau I ([1]).

3069,5 ± 1,5	2988,0 F	2927,5 F	2872,5 F	2833,7 F	2761,5 F
3063,0 F	2976,0 ± 1,5	2920,0 *f*	2867,0 *f*	2826,0 *f*	2752,0 *f*
3056,5	2967,0 F	2907,3	2864,5 *f*	2822,0 F	2747,6 F
3051,0 ± 1,5	2959,0 *f*	2894,0 *f*	2859,5 F	2814.5 ?	2732,0 F
3041,0 F	2956,0 *f*	2888,5 F	2852,0	2810,0 F	2718,3 F
3021,5 F	2946,5 ± 1 F	2884,5 *f*	2847,5? *f*	2797,8 F	2710,0 F
3004,5 F	2941,5 F		2843,5? *f*	2784,0 ± 2 F	
2999,0 F			2841,5 *f*	2773,0 F	

Le Tableau II précise la position des maxima d'absorption dans la région étudiée par Shaver. Nous avons pu ajouter aux bandes déjà observées, outre une bande à 2665 Å, huit bandes nouvelles du côté des courtes longueurs d'onde ($\lambda < 2457$ Å) qui s'affaiblissent progressivement pour faire place, au-dessous de 2329 Å, à une absorption continue.

Tableau II.

2696,0 F	2642,5 F	2570,5 F	2499,4 F	2439,3 F	2373,0 ± 1,5 *f*
2675,7 F	2623,5 F	2552,7 F	2489,7 F	2417,7	2359,5
2665,0	2606,0 F	2538,0 F	2476,6 F	2398,0 ± 1	2345,5 ± 2
2654,8 F	2587,0 F	2517,7 F	2457,2 F	2385,0 ± 1,5 *f*	2329,0 ? *f*

Le Tableau III est relatif aux bandes de Huggins. L'emploi de la lampe à incandescence avec fenêtre de quartz d'une part, l'enregistrement au microphotomètre d'autre part, nous ont permis de déterminer dans cette région de nombreux accidents nouveaux. Nous avons en particulier retrouvé

(1) Dans les trois tableaux, les longueurs d'onde sont déterminées à 0,5 Å près, à moins d'indication contraire. Les signes F, *f* et ? indiquent respectivement les bandes fortes, faibles ou d'existence douteuse. Les longueurs d'onde qui sont groupées sous une même accolade apparaissent comme des composantes d'ondulations plus larges.

les bandes qui avaient été signalées par Lambert, Déjardin et Chalonge comme bandes telluriques (¹).

TABLEAU III.

3428,0 F	3322,0 *f*	3279,0 F	3232,5	3175,7 F	3113,0
3395,0 F	3319,0 *f*	3275,0	3229,0	3170,3 F	3111,0
3389,5 F	3317,0 *f*	3271,8 F	3226,5 F	3163,5 *f*	3109,0
3380,5 *f*	3312,5 F	3269,0 *f*	3222,7	3161,2 *f*	3106,5
3376,5 F	3310,2 F	3267,3 *f*	3220,3 F	3155,0 F	3104,5
3371,0 F	3308,0	3265,3?	3215,0 *f*	3149,3 *f*	3102,0
3364,0 *f*	3304,0 F	3262,7	3205,8 F	3146,5 *f*	3098,5
3362,0 *f*	3301,0 F	3261,2	3199,8 F	3136,0	3096,0
3360,0 *f*	3295,0? *f*	3255,3 F	3194,3 F	3134,0 F	3089,5
3355,5 F	3293,0 *f*	3247,8 F	3185,5 F	3130,5±1 *f*	3085,5
3345,0 F	3291,0 *f*	3244,5?	3182,5 *f*	3128,0±1 *f*	3081,0
3337,5 F	3289,0 *f*	3242,3	3180,0? *f*	3121,5	3076,0
3332,0 *f*	3287,0 F	3240,3	3178,5? *f*		
3329,0 F	3282,0 *f*	3235,0			

PHYSIQUE. — *Influence de la température sur les impressions photographiques.* Note (²) de M. G. **Colange**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans des recherches ayant pour objet l'étude des propriétés optiques de la haute atmosphère, on a été amené à tenir compte de l'influence du froid sur les plaques photographiques au moment de l'impression. Les altitudes atteintes dans la stratosphère par les ballons-sondes étant de l'ordre de 15^{km}, la température descend à — 50° et la rapidité d'impression décroît considérablement.

On a ainsi pu obtenir entre + 15° et — 60° environ la loi reliant la densité photographique à la température.

L'appareil employé est un tube de laiton portant : un diaphragme fixe placé à une des extrémités et un objectif donnant l'image du diaphragme sur la plaque photographique, qui est placée à l'autre extrémité du tube dans un châssis coulissant, afin d'avoir plusieurs poses sur le même cliché.

Pour refroidir l'appareil, on enveloppe dans une feuille de caoutchouc très mince l'extrémité portant la plaque et on la plonge dans une cuve

(¹) Lambert, Déjardin et Chalonge, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 800, et *Bull. Obs. Lyon*, 9, 1927, p. 45.

(²) Séance du 9 mai 1927.

profonde contenant un mélange d'alcool et de neige carbonique. Un courant d'air égalise la température dans le liquide; ce dispositif permet d'obtenir une température donnée entre 0 et — 70° et de la maintenir constante à 1° près en ajoutant la neige carbonique avec précaution.

Le diaphragme d'entrée est éclairé par une lampe à bas voltage alimentée par des accus et dont la lumière est diffusée par un verre dépoli.

Dans l'étude d'une plaque on maintient l'éclat du filament constant, on veille à ce que les différents appareils restent fixes les uns par rapport aux autres et l'on opère avec un temps de pose constant.

On commence par faire une échelle de teintes à la température ambiante en affaiblissant l'éclairement par des diaphragmes gradués placés contre l'objectif.

On fait ensuite plusieurs poses à des températures plus basses, ceci sans diaphragmer l'objectif, c'est-à-dire avec l'éclairement maximum E_0.

Lorsque la plaque est développée les densités des images sont mesurées avec un microphotomètre Yvon; ceci permet de tracer la courbe caractéristique de la plaque donnant les densités en fonction des logarithmes des éclairements.

Les impressions au froid ont été prises avec l'éclairement maximum E_0; sur la caractéristique on voit que leurs densités D_1, D_2, ... correspondent à des nombres $\log E_1$, $\log E_2$, ... inférieurs à $\log E_0$. Le froid ralentit donc l'impression photographique et joue le même rôle qu'un diaphragme ou un écran absorbant placé entre la source et la plaque.

De plus la courbe reliant les températures t_1, t_2, ... à $\log E_1$, $\log E_2$, ... est sensiblement une droite. On a représenté ici les courbes données par trois plaques.

Soit donc E_0 l'éclairement produit par une source donnée sur une plaque à t_0 degrés, si l'on abaisse la température de la plaque jusqu'à t degrés et qu'on l'impressionne avec le même éclairement E_0 et le même temps de pose, la densité mesurée sur la plaque correspondra à un nouvel éclairement E tel que

$$E = E_0 . 10^{-\alpha(t_0 - t)},$$

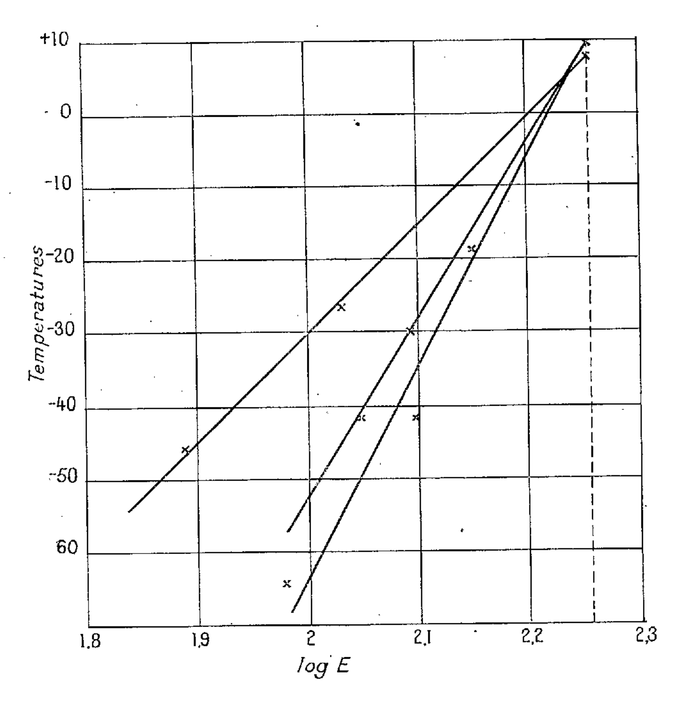
α étant une constante.

On voit donc qu'une variation de température agit comme un coin absorbant placé entre la source et la plaque, dans ce cas on aurait en effet $E = E_0 . 10^{-\alpha(x_0 - x)}$, $x_0 - x$ étant l'épaisseur du coin.

Plusieurs plaques ont été étudiées dans des conditions très différentes (temps de pose variant de 30 secondes à 3 minutes, lampe plus ou moins

poussée pour faire varier la longueur d'onde moyenne de la lumière) et cette loi a été vérifiée avec la précision qu'on peut attendre de ces mesures.

Dans ces expériences le coefficient α a varié entre 0,007 et 0,003 et l'on



se propose prochainement d'étudier ses variations en fonction des conditions d'impression.

Cependant on peut déjà voir ici que dans les mesures de photométrie photographique il convient d'opérer à température constante; en prenant par exemple $\alpha = 0,007$ une variation de température de 5° entraîne en effet dans la comparaison des intensités de deux sources lumineuses une erreur de $\frac{1}{15}$.

RADIATIONS. — *Sur les éléments photovoltaïques à glycérine.* Note de M. **A. Grumbach**, présentée par M. A. Cotton.

Je me suis proposé de comparer un élément photovoltaïque à liquide fluorescent à un autre élément contenant le même corps actif, mais où la solution a été additionnée de glycérine. Nous verrons que l'on peut obtenir ainsi un accroissement des forces électromotrices.

La glycérine et ses solutions étant fluorescentes, j'ai tout d'abord étudié les piles : platine-eau glycérinée-platine. Une des électrodes est éclairée par les radiations de l'arc à mercure qui traversent l'eau et le verre. Le tableau suivant, où la quantité de glycérine est corrigée de la proportion d'eau qu'elle contenait, donne en millivolts l'effet Becquerel B et la force électromotrice d'adsorption A; la durée de l'éclairement était de 5 minutes. Le palier définissant A est déterminé comme je l'ai indiqué antérieurement [1] :

Glycérine en grammes par litre.	B.	A.
692	−0,5	0,0
345	−0,1	−0,1
228	−0,7	−0,8
191	−8,4	−9,1
188	−4,7	−10,0 (maximum)
94,1	−0,9	−1,3
47,0	−9,8	0,0
19,1	0,0	0,0

Les forces électromotrices A et B sont ici de même signe; il en est de même dans les solutions glycérinées de chlorure de potassium, mais les deux effets sont alors positifs et l'allure des courbes qui les donnent en fonction de la concentration en glycérine est différente. Par exemple, pour une solution contenant 24^g,6 de glycérine et 25^g,8 de chlorure de potassium par litre : B = +1,1 mv, A = +11,3 mv. Dans ce cas particulier, la force électromotrice passe par un premier maximum B à la fin de l'éclairement, tombe à zéro, puis atteint le palier A une heure après le commencement de l'expérience.

D'autre part une solution de fluorescéinate de sodium dans l'eau pure fournit les forces électromotrices suivantes :

Concentration en grammes par litre.	B.	A.
5	0	+18,0
0,5	−11	+22,0
0,05	−3,0	+3,6
0,0082	0,0	0,0

L'absence d'effet Becquerel aux fortes concentrations n'est qu'apparente; la lumière est absorbée en grande partie avant d'atteindre l'électrode disposée spécialement pour

[1] *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1102.

la mesure des forces électromotrices d'adsorption. Les deux maxima de B observés avec les solutions de glycérine appellent des réserves analogues.

L'eau glycérinée à 682^g et la solution de fluorescéine à 0^g,0082 par litre sont donc toutes deux inactives. Au contraire, une solution contenant à la fois de la glycérine et de la fluorescéine à ces mêmes titres donne une force électromotrice d'adsorption de +17,3 millivolts; l'effet Becquerel inappréciable à cette concentration, apparaît, négatif, dans les solutions plus étendues en glycérine, mais contenant la même proportion de fluorescéine. Par exemple, avec 17^g,1 de glycérine par litre, A = 0, B = — 1 mv.

Les signes opposés constatés ici sont donc les mêmes que ceux des forces électromotrices des piles à fluorescéine dissoute dans l'eau pure, sans addition d'alcali. Le polyalcool concentré augmente l'importance des phénomènes électriques sans en changer le sens.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le comportement magnétique des hydroxydes modifiés au sein de l'eau oxygénée.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons vu que, dans la décomposition de l'eau oxygénée en présence de l'hydroxyde nickeleux préparé à froid, en suspension, la phase solide, dont le degré d'oxydation ne change pas, éprouve une diminution de son coefficient d'aimantation, tandis que le coefficient d'aimantation de l'oxyde calciné correspondant croît jusqu'à un maximum accusé, puis décroît ([1]).

Il était intéressant de reprendre cette étude avec de l'hydroxyde nickeleux, non plus préparé à froid, mais modifié par un séjour préalable dans l'eau chaude. On sait, en effet, que les substances ainsi modifiées perdent, en général, de leur activité chimique et l'on pouvait se demander si, au cours d'une réaction magnétochimique, où elles semblent d'une efficacité catalytique réduite, elles se différencieraient encore magnétiquement des substances préparées entièrement à froid.

L'hydroxyde nickeleux, précipité des sels nickeleux par la soude, à la manière habituelle, puis lavé par décantation, a été traité à l'eau chaude à diverses températures. L'hydroxyde modifié obtenu a été ensuite abandonné en suspension au sein de l'eau oxygénée.

Un séjour dans l'eau chaude, nous l'avons vu, amène une dépréciation

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 932.

des propriétés magnétiques de l'hydroxyde nickeleux et, au contraire, exalte celles de l'anhydride calciné correspondant ([1]). Un séjour ultérieur dans l'eau oxygénée a, en général, pour résultat un léger accroissement du coefficient d'aimantation de l'hydrate, jusqu'à une valeur à peu près constante et inférieure au coefficient d'aimantation de l'hydroxyde préparé froid. D'autre part, le coefficient d'aimantation de l'anhydride à calciné correspondant conserve sensiblement l'ordre de grandeur qu'il avait au début, lorsque l'hydroxyde avait été traité à l'eau chaude, sans être encore immergé dans l'eau oxygénée.

De ces observations, il ressort que, du point de vue magnétique comme du point de vue chimique, le traitement à l'eau chaude semble bien paralyser la réactivité de l'hydroxyde nickeleux.

Les mêmes expériences sur l'hydroxyde ferrique conduisent à des conclusions analogues. Les produits modifiés ne manifestent que des variations magnétiques insignifiantes à l'échelle des mesures, alors qu'avec l'hydroxyde ferrique préparé à froid, on observe des phénomènes marqués, à la fois sur l'hydroxyde lui-même et sur son anhydride calciné ([2]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les recouvrements de l'aluminium, du magnésium, et des alliages légers et ultra-légers.* Note ([3]) de MM. **J. Cournot**, **J. Bary** et **E. Perot**, présentée par M. Léon Guillet.

Ces recherches sont la suite de celles déjà communiquées à l'Académie ([4]) au sujet des recouvrements de l'aluminum et des alliages légers contre la corrosion, particulièrement contre les effets de l'eau de mer.

1° *Cémentation de l'aluminium par le cuivre.* — Nous avons précédemment exposé comment cette pénétration pouvait être obtenue, par chauffage de l'aluminium, préalablement recouvert de cuivre par voie électrolytique.

Nous avons recherché quelle influence revenait à la nature du dépôt initial de cuivre en faisant varier en sens inverse les facteurs : temps de dépôt et densité de courant, de l'opération électrolytique, les cuivrages obtenus étant quantitativement équivalents sur toutes les éprouvettes; les durées ont varié de 8 minutes à 2 heures 40 minutes, pendant que l'intensité variait

([1]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 842.
([2]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1146.
([3]) Séance du 2 mai 1927.
([4]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 789 et 1289.

de 1 à 0,055 ampère; on constate qu'au-dessous d'une densité de 0,7 ampère environ, la pénétration par cémentation n'est pas influencée; au-dessus au contraire, l'adhérence du dépôt initial étant mauvaise, la diffusion ne se produit pas.

Nous avons également effectué des cémentations dans le bain de sels : azotite de sodium-azotate de potassium mélangés par parties égales, afin d'établir le parallèle avec la cémentation ordinaire à l'air employée précédemment. Nous avons observé des pénétrations analogues aux précédentes du point de vue structural, mais la diffusion est plus rapide et débute à plus basse température; ce fait assez étrange est à rapprocher de celui signalé par MM. Guillet et Galibourg (1) lors de fusions prématurées en bain salin, dans le traitement thermique d'alliages légers aluminium-cuivre semblables à ceux que nous avons réalisés en surface de nos éprouvettes.

2° *Cémentation de l'aluminium et du duralumin par des ferrochromes.* — Nous avons essayé quelques cémentations dans des ferrochromes en vue d'un durcissement superficiel possible; le mode opératoire était le même que dans nos recherches antérieures; trois ferros ont été utilisés : l'un électrolytique ($C = 0,11$, $Cr = 60,64$), un autre faiblement carburé ($C = 1,32$, $Cr = 64,14$), le troisième très carburé ($C = 7,41$, $Cr = 64,17$).

Nous n'avons pas réussi à obtenir une pénétration dans l'aluminium pur, même après décapage soigné et chauffage de 6 heures à 600°; nous avons alors tenté un dépôt électrolytique initial de fer pour amorcer la pénétration et éviter la formation possible d'une pellicule isolante d'alumine : là non plus, l'examen micrographique n'a pas révélé de diffusion.

Par contre, avec le duralumin, on obtient sans difficultés une pénétration très rapide qui chemine par les joints des grains, et ceci même sans dépôt préalable de fer; sur des éprouvettes cylindriques de 8mm de diamètre, la cémentation atteint le cœur au bout de 1 heure de chauffage seulement à 580°; il y a formation dans les joints de cristaux, d'une structure ressemblant à l'eutectique Al^2Cu-Sol.η des alliages aluminium-cuivre. L'activité du ferrochrome est d'autant plus grande que la teneur en carbone est plus faible. Les résultats espérés dans le sens d'une augmentation de la dureté ne se sont pas réalisés.

3° *Recouvrements électrolytiques et cémentation du magnésium et des alliages ultra-légers.* — Des essais de cuivrage sur magnésium et alliages magnésium-cuivre n'ont donné aucun résultat vraiment satisfaisant par

(1) *Revue de Métallurgie*, XXIII, 1926, p. 186.

suite des difficultés considérables présentées par le décapage initial; le décapage chimique paraît impossible à réaliser, les électrolytes ayant tous une action corrosive ou oxydante sur le magnésium; nous avons alors essayé le sablage seul, suivi d'une électrolyse immédiate et ultra-rapide en vue de la formation quasi instantanée d'une pellicule adhérente et protectrice de cuivre; pour cela, aussitôt après sablage, les éprouvettes étaient immergées dans un bain de cuivrage basique, sous une densité de courant atteignant 6 à 8 ampères par décimètre carré; après un séjour de 5 minutes minimum, les éprouvettes étaient lavées, puis plongées dans un bain de cuivrage acide sous intensité normale, jusqu'à obtention d'un dépôt convenable; à l'emboutissage, le recouvrement paraît bien adhérent et dans les conditions d'essai normalisées par l'Aéronautique, le magnésium crique sans qu'il y ait décollement de la couche superficielle; mais lorsqu'on examine le dépôt au microscope, on constate la présence de très petits défauts, dus à l'incrustation dans les métaux de base dont la dureté est insuffisante, de petits grains de sable provenant du décapage mécanique; si l'on humecte ces points avec de l'eau, on voit immédiatement un dégagement d'hydrogène; ces défauts ne disparaissent pas, même si l'on essaie un second recouvrement, de cadmium par exemple, au-dessus de celui de cuivre.

Dans ces conditions, les essais de cémentation n'ont pas donné de résultats intéressants, les éprouvettes s'enflammant d'ailleurs le plus souvent au cours des chauffages.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'inaltérabilité du fer, du cuivre et du zinc du commerce par l'hydrogène sulfuré liquide.* Note de MM. **J.-B. Fournier** et **Fritsch-Lang**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que presque tous les métaux sont attaqués par l'hydrogène sulfuré à l'état gazeux, c'est un point que ce gaz a de commun avec le chlore gazeux. Il est donc tout naturel de vérifier si cette analogie se poursuit jusque dans l'état liquide, état dans lequel le chlore présente la particularité remarquable de ne pas avoir d'action sur l'acier et, par suite, de pouvoir séjourner et être transporté sans inconvénient dans des bonbonnes en acier comme de l'air comprimé, de l'ammoniac et de l'anhydride carbonique liquides.

Au cours des années 1914-1915, diverses expériences sommaires avaient

permis à l'un de nous d'établir, non pas la certitude, mais la vraisemblance de cette nouvelle propriété de l'hydrogène sulfuré.

Pendant le mois d'octobre 1915 les expériences complémentaires suivantes, plus précises et d'une durée plus longue, furent commencées :

On enferma dans des tubes de verre contenant quelques centimètres cubes d'hydrogène sulfuré liquide, trois échantillons (fer, cuivre et aluminium industriel) soigneusement décapés et dont les poids, déterminés à $\frac{1}{10}$ de milligramme près, variaient entre 1^g^ et 5^g^. Ces tubes séjournant tantôt dans l'air, tantôt dans un bain maintenu à une température de 60° environ, furent ouverts au bout de neuf jours, les trois échantillons furent pesés à nouveau accusant avec leur poids primitif une variation de l'ordre du $\frac{1}{10}$ de milligramme.

Pour faire en sorte que les échantillons présentassent une plus grande surface à l'attaque de l'hydrogène sulfuré, dans une deuxième série d'expériences, il fut opéré comme il vient d'être dit sur trois échantillons des mêmes métaux, préalablement étirés aussi fins que possible à la filière, ces fils réunis en trois faisceaux pesant de 11 à 28^g^ furent placés dans des tubes de verre comme dans l'essai précédent. Après 15 jours d'immersion dans l'hydrogène sulfuré à des températures variables, les variations de poids des trois échantillons furent trouvées du même ordre de grandeur que précédemment.

Dans ces diverses expériences, on ne constata jamais des traces de corrosion ou d'altération, la surface des métaux étant à peine ternie.

Il est certain que s'il y avait attaque des métaux par l'hydrogène sulfuré liquide, il y aurait des modifications dans les propriétés physiques de ces métaux, consécutives à cette attaque, et ces modifications seraient sûrement mises en évidence par l'expérience suivante exécutée en novembre 1915 :

Un thermomètre à tension de vapeurs saturées fut chargé avec l'hydrogène sulfuré comme liquide sensible et la position de l'aiguille de cet instrument ayant été soigneusement repérée à la température de 25°, ce thermomètre fut conservé dans un placard jusqu'en 1925. Bien que le tube manométrique fût en partie rempli d'hydrogène sulfuré depuis dix ans, l'aiguille conserva, pendant tout ce laps de temps, son repère à la température de 25°. Si la moindre altération s'était produite dans l'élasticité du tube manométrique dont l'épaisseur est très faible, le déplacement du point de repère de l'aiguille n'aurait pas manqué de l'accuser.

Enfin une dernière preuve, encore plus convaincante que les précédentes en raison de la durée de l'essai, réside dans le fait que de petits récipients

dans lesquels on a introduit, au mois de décembre 1915, des poids d'hydrogène sulfuré liquide variant de 15 à 50^g et dont quelques exemplaires ont été ouverts récemment, ne montrent aucune altération sur la partie en contact depuis onze ans avec ce liquide.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement de l'hydrate manganeux par l'alumine en milieu ammoniacal.* Note de MM. **Pariselle** et **Laude**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente [1], nous avons étudié quelle était l'influence de la proportion de chlorure d'ammonium sur la précipitation par l'ammoniaque d'un mélange équimoléculaire de sulfate d'aluminium et de sulfate de magnésium.

Nous avons cherché à répéter ce travail avec les sels de manganèse, mais dans ce cas le phénomène se complique par suite de l'oxydation lente de l'hydrate manganeux en hydrate manganique, aussi nous avons réalisé un grand nombre d'expériences dans une atmosphère d'azote complètement privé d'oxygène.

Les précipités d'hydrates étaient calcinés jusqu'à ce que leur poids demeurât invariable; le résultat obtenu était généralement contrôlé en dosant le manganèse contenu dans le filtrat sous forme d'oxyde salin.

Voici les conclusions auxquelles nous sommes arrivés dans le cas d'un mélange équimoléculaire de sulfates d'aluminium et de manganèse :

1° Nous avons d'abord vérifié qu'en l'absence de toute trace d'oxygène (eau fraîchement bouillie, atmosphère d'azote), le sulfate de manganèse ne précipite pas par l'ammoniaque dès que la dose de chlorure d'ammonium atteint 4^{mol} pour une de sulfate.

2° En l'absence de chlorure d'ammonium, l'ammoniaque employée en excès précipite presque intégralement l'alumine et l'hydrate de manganèse que l'atmosphère soit ou non oxygénée.

3° Pour des doses croissantes de chlorure d'ammonium l'entraînement de l'hydrate manganeux diminue lentement, mais tandis que dans le cas du magnésium 50^{mol} de chlorure suffisaient pour faire cesser la précipitation de la magnésie, dans le cas actuel une dose 5 fois plus forte en chlorure n'a pas permis de conclure nettement au non-entraînement de l'hydrate man-

(1) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 116.

ganeux même dans une atmosphère d'azote [1]. Nous nous sommes du reste assurés que la dilution avait une influence presque négligeable sur ce phénomène d'entraînement.

Ce travail et celui relatif au magnésium ont été complétés par l'étude de l'entraînement des hydrates par l'alumine lorsqu'on fait croître la dose des sels de magnésium ou de manganèse.

a. Avec les sels de magnésium la précipitation des hydroxydes se fait très sensiblement de la même manière qu'il y ait ou non un excès de magnésium, ce qui semblerait justifier l'hypothèse de la formation d'un métaaluminate de magnésie [2].

b. Pour le cas du manganèse, au contraire, l'entraînement de l'hydrate manganeux est presque complet tant qu'on ne dépasse pas 3^{mol} de sulfate de manganèse pour une de sulfate d'aluminium. Au delà, les proportions d'hydrate entraînées diminuent régulièrement et lorsqu'on précipite un mélange de 1^{mol} de sel d'aluminium pour 8 de sel de manganèse, 5^{mol} seulement d'hydrate manganeux se retrouvent mélangées à l'alumine.

Cette étude conduit à penser que l'entraînement des hydroxydes des métaux magnésiens est un phénomène d'adsorption; le pouvoir adsorbant de l'hydrogel d'alumine pour l'hydrate manganeux étant bien supérieur, en milieu ammoniacal, à son pouvoir adsorbant pour la magnésie. Cela n'exclut pas, du reste, l'hypothèse de la formation d'un métaaluminate qui, dans le cas du manganèse, se trouve confirmée par ce fait que le précipité d'hydroxydes reste blanc lorsqu'on opère la précipitation sur un mélange équimoléculaire de sulfates tandis qu'il brunit assez rapidement pour des proportions plus fortes en manganèse.

---

(1) Un mélange contenant 10^{cm^3} de sulfate d'alumine et 10^{cm^3} de sulfate de manganèse décimoléculaires, 200^{cm^3} de chlorure d'ammonium normal donne avec 16^{cm^3} d'ammoniaque normale un précipité qui pèse 113^{mg} (le poids théorique d'Al^2O^3 est de 102^{mg}).

(2) C'est ainsi qu'en opérant sur un mélange de 3^{mol} de sulfate de magnésium pour une de sulfate d'aluminium on obtient, toutes choses égales d'ailleurs, sensiblement le même poids de précipité avec l'ammoniaque qu'en partant d'un mélange équimoculaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les composés organo-magnésiens éthyléniques*. Note de M. **Albert Kirrmann**, présentée par M. Ch. Moureu.

Depuis fort longtemps (¹) on a réussi à obtenir le magnésien du bromostyrolène, réagissant normalement bien qu'avec de mauvais rendements (²). En série grasse le problème est plus délicat. Krestinsky (³) a obtenu le bromure d'isocrotyle-magnésium $(CH^3)^2C=CHMgBr$ et l'a fait réagir sur des aldéhydes. Il observe deux réactions parasites : dégagement d'isobutylène et formation d'un magnésien de poids moléculaire double.

J'ai réussi à obtenir des magnésiens de bromures de vinyle linéaires ($C^5H^{11}CBr=CH^2$, $C^5H^{11}CH=CHBr$ purs et $C^6H^{11}Br$ en mélange d'isomères). Ces bromures réagissent sur le magnésium dans l'éther à l'ébullition. Au bout de quelque temps on observe après refroidissement deux couches liquides. Ainsi 42^g de bromure dans 125^{cm^3} d'éther m'ont donné une couche inférieure de 62^{cm^3}. C'est bien un magnésien, en effet :

1° Il décolore à froid une solution diluée d'iode;

2° Il réagit sur l'eau en donnant de la magnésie et un carbure.

Ce n'est pourtant pas un magnésien normal.

Étude du magnésien seul. — La teneur en magnésien, étudiée par la méthode à l'iode (Job et Reich) tend vers une limite :

Heures	1/2	1	2	3	4	15
Molécules par litre	0,03	0,08	0,26	0,26	0,25	0,26

Ces chiffres se rapportent au liquide plus léger. La concentration de la couche plus dense tend vers 0,41 dans la même expérience. La quantité totale est d'environ $0^{mol},25$ de magnésien pour 1^{mol} de bromure. La quantité d'heptène isolée après action de l'eau n'a jamais dépassé 20 pour 100. Or une partie seulement provient du magnésien, car une expérience faite dans l'oxyde de butyle, permettant la recherche directe de l'heptène, a donné 15 pour 100 de ce carbure. On n'a donc pas que le magnésien en C^7, il se forme par condensation d'autres magnésiens dont on retrouve les carbures. La distillation ne donne d'ailleurs que de vagues paliers, dont le premier et le plus net vers 120° sous 15^{mm}. Le produit ($d=0,80$; $n=1,44$) fixe éner-

(¹) Tiffeneau, *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 1346.

(²) Meyer et Schuster, *Berichte Chem. Ges.*, 55, 1922, p. 815.

(³) *Berichte Chem. Ges.*, 55, 1922, p. 2754, 2762, 2770.

giquement du brome (1^{mol} pour 140^g). Il contient peut-être du tétradécadiène. Contrairement à ce qui se passe en série aromatique des traces seulement de carbure acétylénique se forment.

Essais de synthèse. — L'inertie de ces magnésiens est surprenante : une ébullition prolongée avec le bromure d'allyle, le trioxyméthylène ou le chlorure d'acétyle ne diminue que peu la teneur dosable à l'iode et ne permet pas d'obtenir le produit espéré. Seul CO^2 m'a donné des acides. Mais à leur distillation le thermomètre monte sans palier à partir de 140° sous 5^{mm}. Les têtes, de densité 0,92, forment un sel d'argent à 33 pour 100 de ce métal. C'est un mélange à poids moléculaire élevé, analogue au mélange de carbures obtenus par l'eau.

Deux conclusions résultent de ces observations :

1° Les bromures de vinyle linéaires sont nettement plus éloignés des bromures saturés dans leurs propriétés que les corps ramifiés $R^2C=CHBr$. Il y a là un parallélisme très net avec l'action du sodium (1).

2° Les bromures de vinyle ne semblent pas être intermédiaires entre les bromures saturés et les bromures acétyléniques $RC\equiv CBr$, dont les magnésiens se sont montrés beaucoup plus voisins des normaux (2).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches dans la série du fluorène.* Note de MM. **Ch. Courtot** et **C. Vignati**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans cette Communication, nous présentons les résultats obtenus dans l'étude des composés chlorés, chloronitrés et chloroaminés du fluorène, de la fluorénone et du fluorénol recherches parallèles à celles que nous avons effectuées sur le bromofluorène et ses dérivés (3).

I. Le 2-chlorofluorène f. = 96-97°, s'obtient par la réaction diazoïque suivie de la décomposition de Sandmeyer appliquée au 2-aminofluorène, mais, par chloruration directe du fluorène dans le chloroforme, à 0-5°, on arrive aussi à ce même chlorofluorène souillé malheureusement de dichlorofluorène dont il est très difficile de le débarrasser complètement et, par suite, le point de fusion du dérivé monochloré s'abaisse à 86°. Nous avons cependant bien affaire au 2-chlorofluorène puisque, par oxydation au bi-

(1) Kirrmann, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 671.

(2) Grignard, *Ann. Ch.*, 10e série, 5, 1926, p. 14.

(3) *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 58, et *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 607.

chromate de soude en milieu acétique, on obtient la monochlorofluorénone f. = 123°, aiguilles jaune orangé (phénylhydrazone f. = 145°), déjà préparée par Geoffroy à partir de la 2-aminofluorénone [1] et à côté une dichlorofluorénone f. = 185° identique à celle obtenue par Schmidt [2] par action du pentachlorure de phosphore sur la 2.7-dinitrofluorénone.

Par réduction au zinc, en milieu ammoniaco-alcoolique, la monochlorofluorénone conduit au 2-chlorofluorénol incolore, aiguilles soyeuses f. = 142°. D'une façon analogue la dichlorofluorénone donne le dichlorofluorénol f. = 154-155° qui se présente aussi sous forme de jolies aiguilles brillantes.

II. S'il est difficile de séparer par cristallisations le dichlorofluorène du monochlorofluorène, l'élimination du composé dichloré s'effectue au contraire très aisément par nitration. En traitant le monochlorofluorène impur f. = 86°, par l'acide nitrique, en milieu acétique, à 70-80°, il se forme du nitrochlorofluorène jaune f. = 237° alors que le dichlorofluorène reste inattaqué dans ces conditions. La séparation s'effectue facilement par cristallisation dans le benzène.

On prépare l'aminochlorofluorène par réduction du groupe nitré en milieu ammoniaco-alcoolique, par la poudre de zinc. Cette amine, recristallisée dans un mélange d'eau et d'alcool, se présente en lamelles blanches, f. = 134°.

L'oxydation du chloronitrofluorène par le bichromate de soude en milieu acétique conduit à la chloronitrofluorénone, aiguilles d'un jaune vif, f. = 230°, peu solubles dans l'acide acétique.

Enfin la réduction par le sulfure d'ammonium de la chloronitrofluorénone nous donne l'aminochlorofluorénone, cristaux rouge bleuté, f. = 203-205°, d'un bleu plus pur que ceux de la 2-bromoaminofluorénone [3] alors que la réduction par la poudre de zinc mène au chloroaminofluorénol, cristaux incolores, f. = 198-200°, après plusieurs cristallisations dans le benzène.

III. Dans la préparation du chloronitrofluorène, nous sommes partis d'un dérivé chloré dont la constitution est connue, le chlore se trouve en 2 [4]. Le groupe nitro est, au contraire, dans une position à déterminer. Mais à partir de l'aminochlorofluorénone décrite dans le paragraphe précé-

---

(1) R. Geoffroy, *Thèse de Doctorat* de l'Université de Nancy, juin 1925.

(2) *Lieb. Ann.*, 387, 1912, p. 150.

(3) *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 58.

(4) Geoffroy, *Thèse de Doctorat*, Université de Nancy, juin 1925.

dent, il est facile, par la réaction de Sandmeyer, de passer à la dichlorofluorénone. Or la dichlorofluorénone ainsi obtenue se présente sous forme de longues aiguilles jaunes, f. = 184-185° et son oxime fond à 243°. Elle est donc identique à la dichlorofluorénone de Schmidt et Wagner dont nous avons déjà parlé dans le paragraphe I. La position des atomes de chlore, établie par ces savants, est 2.7. En effet, ils font agir le pentachlorure de phosphore sur la dinitrofluorénone. Il se forme le 2.7.9.9′-tétrachlorofluorène qui, hydrolysé, conduit à cette fluorénone dichlorée. Or, la dinitrofluorénone est obtenue par dégradation de la dinitrophénanthrènequinone et Schultz a établi, comme nous l'avons vu dans une précédente Note [1], que les groupes nitro sont en para de la liaison diphénylique, de sorte que, dans notre chloronitrofluorène, les substituants sont en 2 et 7, positions équivalentes :

GÉOLOGIE. — *Sur un nouveau gisement très fossilifère de Tithonique intra-alpin.* Note de M. **P. Blanchet**, présentée par M. Émile Haug.

Grâce aux beaux travaux de Ch. Lory, W. Kilian, É. Haug, P. Termier, C. Pussenot, etc., le Jurassique supérieur intra-alpin est bien connu et sa répartition, sous son faciès du type amygdalaire désigné par les géologues alpins sous le nom de marbre de Guillestre, est bien figurée sur les feuilles des Alpes de la Carte géologique de la France au $\frac{1}{80000}$. Par contre, l'âge de cette formation a fait l'objet de nombreuses discussions; un certain nombre de fossiles généralement en très mauvais état de conservation et difficilement déterminables y ont cependant été découverts après de patientes recherches, plus particulièrement à Guillestre, au pic de Chabrières et dans le massif du Grand Galibier. Leur liste complète [2] compte quelques Bélemnites, 14 Ammonites des genres *Phylloceras*, *Lissoceras*, *Waagenia*, *Peltoceras*, *Perisphinctes* et *Berriasella*, des *Aptychus* et une *Pygope*.

Cette faune très restreinte ne permet pas d'établir un parallélisme

---

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 607.

(2) W. Kilian et J. Révil, *Études géologiques dans les Alpes occidentales*, **2**, 2e fasc., p. 238 (*Mém. Carte géol. dét. de la France*), 1917.

détaillé avec le Jurassique supérieur des autres régions; à peine peut-on dire que le marbre de Guillestre représente généralement le Kiméridgien supérieur et une partie au moins du Tithonique.

Grâce aux indications que m'a données M. Dupasquier, d'Arvieux (Hautes-Alpes), j'ai pu explorer et étudier un nouveau gisement de Tithonique très important par la richesse de sa faune et la conservation assez bonne des fossiles que l'on y rencontre; ce gisement est situé au voisinage du col du Lauzon (entre Arvieux et la Roche-de-Rame), sur les premiers contreforts occidentaux du pic de Balard, au sud du col de la Rousse et à une altitude de 2700^{m} environ (feuille de Briançon, partie SE).

Les assises fossilifères y sont représentées par des calcaires gris cendré surmontant du marbre de Guillestre typique (celui-ci affleure en effet au col de Lauzon même) et sont recouvertes par des marbres en plaquettes bien caractéristiques, à pendage presque vertical. Ces bancs fossilifères, qui constituent un véritable *magma de fossiles*, principalement d'Ammonites, ont une épaisseur de 10^{m} environ. Les fossiles y sont excessivement nombreux, généralement de petite taille et fragmentés par suite de leur enchevêtrement très prononcé, *mais non roulés*.

Une première exploration de cet important gisement m'a permis d'y recueillir les fossiles suivants :

Glossothyris Bouei Zeuschn. sp.; *Terebratula* gr. de *carpathica* Zitt.; *Rhynchomytilus Lorioli* Opp. sp.; *Aptychus Beyrichi* Opp.; *Phylloceras semisulcatum* d'Orb. sp. (=*ptychoicum* Quenst. sp.); *Ph. serum* Opp.; *Ph. Calypso* d'Orb. sp.; *Lytoceras quadrisulcatum* d'Orb. sp.; *L. sutile* Opp. sp.; *Oppelia Gemmellaroi* Zitt.; *O. Fallauxi* Opp.; *Cosmoceras adversum* Opp. sp.; *Lissoceras rhinotomum* Zitt.; *L. tomephorum* Zitt.: *L. carachtheis* Zeuschn. sp.; *L. Grasianum* d'Orb. sp.; *Simoceras admirandum* Zitt.; *S. pulchellum* Gemm.; *S.* gr. de *agrigentinum* Gemm.; *Perisphinctes Geyreyi* Toucas.; *P. pseudocolubrinus* Kil.; *P. geron* Zitt.; *P. transitorius* Opp. sp.; *Berriasella Privasensis* Pict. sp.

Cette liste comporte à la fois des formes des niveaux inférieur et supérieur du Tithonique des régions méditerranéo-alpines; mais elle offre de plus une série de Céphalopodes, tels que *Lissoceras rhinotomum*, *Cosmoceras adversum*, *Oppelia Fallauxi* et *Oppelia Gemmellaroi*, qui donne à cet ensemble un caractère carpathique et le rapproche sensiblement de la faune de Rogoznik, qui a fait l'objet de la belle monographie de Zittel.

C'est la première fois qu'une faune semblable est signalée dans les Alpes; elle est due vraisemblablement à l'existence, en ce point, d'un faciès moins profond que celui des marbres de Guillestre. Il y a lieu de remarquer enfin

que ces derniers, étant situés au-dessous de nos couches fossilifères, représentent probablement dans cette région le Kiméridgien, mais en tout cas ne dépassent pas la zone la plus inférieure du Tithonique. Le marbre de Guillestre représente donc un simple faciès qui, selon les régions considérées, représente des niveaux plus ou moins élevés du Jurassique supérieur.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures sur les gros ions à Paris.* Note [1] de M. J. MAC LAUGHLIN, transmise par M. G. Ferrié.

Après sa découverte des gros ions, qui seraient en quelque sorte de petites poussières liquides électrisées, Langevin [2] formula à leur égard une théorie qui leur prête une grande importance dans la Physique du Globe. Deux séries de mesures sur les gros ions, faites par nous à Paris depuis 1925, confirment de manière générale les vues de Langevin. Dans la présente Note nous communiquons un premier groupe de résultats.

I. Au Champ-de-Mars, le nombre de gros ions par centimètre cube a varié de 1600 à 33500, avec une moyenne de 9037 pour les ions positifs, et 9197 pour les ions négatifs : au Quartier du Val-de-Grâce les limites ont été 3600 et 80000, avec des moyennes de 16714 et 16697 pour les ions positifs et négatifs respectivement. Dans les deux séries de mesures, les valeurs minima de la concentration ont été observées vers 16^h par beau temps, et les valeurs maxima le matin par brouillard épais. La teneur en gros ions étant indicative du degré d'impureté de l'atmosphère, nous concluons de nos mesures que l'air du Quartier du Val-de-Grâce est presque deux fois plus impur que l'air du quartier du Champ-de-Mars. 400 mesures sur les petits ions dans le Quartier du Val-de-Grâce ont donné des valeurs extrêmes de 0 et 224, avec une moyenne de 86 pour les ions positifs et 70 pour les ions négatifs, le rapport entre les ions des deux signes étant 1,23. De ces données, nous tirons pour le nombre q (le nombre de paires d'ions produit par centimètre cube par seconde) la valeur 25 [3].

---

(1) Séance du 9 mai 1927.

(2) *Comptes rendus*, 140, 1905, p. 232-234, et *Le Radium*, 4, 1907, p. 218.

(3) Pour la méthode voir J.-J. NOLAN, R.-K. BOYLAN and G.-P. DE SACHY (*Proc. Roy. Irish Acad.*, 37, 1925, p. 6).

II. *Sources des gros ions.* — La figure 1 (Champ-de-Mars) montre la

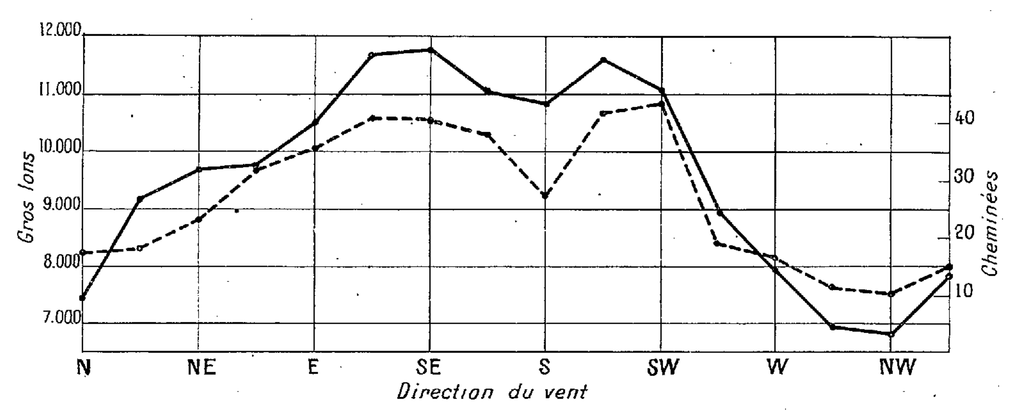


Fig. 1. — Relation entre le nombre de gros ions et le nombre de cheminées d'usines.

relation intime qui existe entre les gros ions et la répartition des cheminées d'usines. La courbe en traits pleins représente la concentration des ions suivant les différentes directions du vent, celle en pointillé la répartition des usines dans les mêmes directions.

Une étude analogue pour le Quartier du Val-de-Grâce donne des

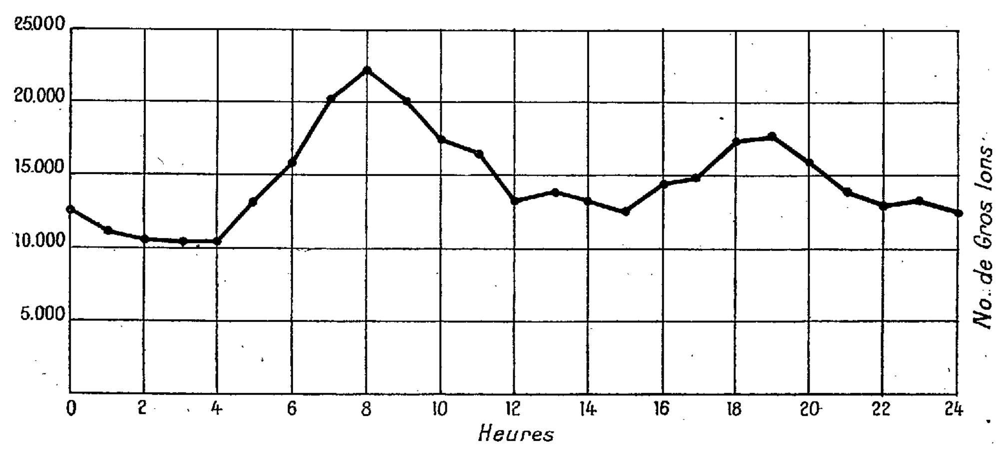


Fig. 2. — Variation diurne du nombre de gros ions à Paris.

maxima dans la direction de la cheminée d'une usine chimique (située à 100^{m} du lieu des observations), de la cheminée de l'Institut de Chimie appliquée (à 250^{m}), et de la gare du Luxembourg (à 300^{m}); il n'y a pas de maximum dans la direction de l'Institut du Radium (à 200^{m}). Une comparaison des moyennes obtenues dans les deux séries de mesures indique

que la plus grande densité de la population du Quartier du Val-de-Grâce joue aussi un rôle important. Dans la première série, l'influence du gaz d'échappement des automobiles comme source des gros ions était marquée.

III. *Variations périodiques du nombre spécifique des gros ions.* — La variation diurne observée au Quartier du Val-de-Grâce est représentée figure 2 : elle est caractérisée par deux maxima et deux minima. L'allure générale est celle de la variation diurne du champ électrique en ville, et une variation analogue a lieu dans le cas des poussières sèches à Londres (¹). Il est fort probable que la variation diurne des gros ions, du champ électrique et des poussières sèches est due à des causes communes.

Au Quartier du Val-de-Grâce, la moyenne diurne du nombre spécifique des gros ions a varié de 17380 en hiver à 11580 au printemps, ce qui indique l'existence d'une variation annuelle de même amplitude que celle trouvée couramment pour le champ électrique terrestre.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures de la conductibilité électrique de l'atmosphère dans la région du Pôle Nord.* Note de MM. **Malmgrön** et **Běhounek**, présentée par M. Jean Perrin.

Les mesures de la conductibilité électrique de l'atmosphère ont été effectuées par le premier de nous deux pendant la traversée du dirigeable *Norge* de Kingsbay (Spitzberg) à Teller (Alïaska) par le Pôle Nord, lors de l'expédition polaire Amundsen-Ellsworth-Nobile.

L'appareil de mesure était un aspirateur Gerdien combiné avec un électromètre bifilaire Wulf et chargé à l'aide d'une pile sèche de Zamboni. L'appareil a été placé dans la nacelle du commandant, en avant du dirigeable, de façon qu'il n'y ait pas lieu aux perturbations éventuelles causées par les exhalations des moteurs. L'armature extérieure de l'appareil a été réunie à la construction métallique de la nacelle et l'aspiration de l'air se faisait automatiquement par le mouvement du dirigeable, dont la vitesse était généralement supérieure à 50^{km} par heure. Avec la capacité de l'appareil égale à $11^{cm},0$ et la sensibilité moyenne de l'électromètre de l'ordre de 1 volt par division de l'échelle, on obtenait en 2 minutes un effet de décharge qui a pu être déterminé avec une précision suffisante. Le système

(¹) *Ninth Report on Atmospheric Pollution* (*H. M. Stationery Office*, London, 1924, p. 29).

isolé était maintenu dans sa position par un seul morceau d'ambre qui était à l'abri du courant d'air et protégé contre celui-ci. Ainsi on a conservé un isolement parfait et le courant spontané était généralement inférieur à 5 pour 100 du courant observé, étant de l'ordre de 10^{-5} U.E.S. Ce courant était déterminé avant et après chaque série de mesures. Les résultats de dix séries d'observations effectuées dans les conditions bien déterminées du fonctionnement de l'appareil sont contenus dans la table ci-jointe.

	Heure de l'observation (temps moyen de Greenwich).	Position géographique.	λ_+ en 10^{-4} U.E.S.	λ_- en 10^{-4} U.E.S.	$Q = \frac{\lambda_+}{\lambda_-}$.	Température en °C.	État du ciel.	Altitud du vo
				11 Mai 1926.				
1.	9^h.52^m	79°,6 N / 12,0 E	1,61	1,58	1,02	— 7,2	Str-Cu 10	430^m
2.	11.30	80,5 N / 12,0 E	1,86	2,24	0,831	— 8,8	Ci 2	200
3.	22.14	87,8 N / 11,0 E	1,56	2,88	0,542	—11,6	A-Cu 5	400
				12 Mai 1926.				
4.	0.26	89,5 N / 11,0 E	1,69	1,87	0,904	—11,2	A-Cu 9	700
5.	3.00	89,0 N / 157 O	1,70	1,96	0,869	—11,0	Str 10	600
6.	5.55	86,8 N / 157 O	1,34	1,70	0,788	— 8,3	Str-Cu 8	400
7.	8.56	84,5 N / 157 O	1,15	1,56	0,736	—10,9	–	300
8.	13.48	81,5 N / 157 O	1,38	0,651	2,12	— 8,8	–	700
9.	17.26	78,5 N / 157 O	1,94	2,18	0,890	— 8,8	–	700
10.	20.46	77,0 N / 157 O	1,65	1,91	0,864	—10,4	–	700

Remarques. — **1.** On vole au-dessus d'une mer ouverte; **2.** Au-dessus de la glace; **3.** Visibilité faible; **4.** On vole au-dessus du brouillard; **5.** L'air clair; **6.** L'air un peu troublé au commencement de la mesure, enfin tout à fait clair; **7.** Faible brouillard (≡°); **8, 9, 10.** On vole au-dessus du brouillard, ciel clair.

A part la première série d'observations qui a eu lieu au-dessus de la mer ouverte, toutes les autres ont été faites au-dessus de la glace du bassin arctique

gelé. Tous ces résultats accusent un ordre de grandeur qui, aux mêmes altitudes et avec la même unipolarité prédominant, a été trouvé déjà dans les latitudes de l'Europe centrale (1).

Ces résultats sont contraires à l'hypothèse qui cherche en conséquence des mesures magnétiques de Bauer (2) dans la région du Pôle Nord un afflux d'électricité négative, à moins que l'afflux en question ne soit constitué par des électrons trop rapides, qui, d'après Swann, n'ont plus le pouvoir ionisant (3).

La supposition d'un courant électronique de cet ordre n'est pas en désaccord avec le résultat négatif obtenu par le second de nous deux à la recherche d'un afflux électronique à Kingsbay (Spitzberg, 78°54'N. et 12°O'E de Gr.). Les résultats, présentés dans cette Note et ceux, obtenus à Kingsbay, où l'on a notamment constaté un manque presque absolu de produits radioactifs dans l'atmosphère, seraient un indice d'une influence considérable de l'état d'ionisatinn des couches plus élevées de l'atmosphère sur l'ionisation des couches basses, tout en laissant ouverte la question de l'agent principal de l'ionisation atmosphérique dans les régions arctiques.

BOTANIQUE. — *Sur le développement des spores et sur le parasitisme d'*Harveyella mirabilis *Schmitz et Reinke*. Note (4) de M. **E. Chemin**, présentée par M. L. Mangin.

Harveyella mirabilis est une petite Floridée qui se développe sur les rameaux de *Rhodomela subfusca* Ag. Elle n'était connue jusqu'ici que dans la mer du Nord et sur les côtes de la Manche; d'après J. Chalon (5), Jersey en représentait la limite méridionale. Les spécimens que j'ai étudiés ont été recueillis à Roscoff, et je dois à l'obligeance de M. G. Hamel quelques spécimens trouvés au Conquet (Finistère). Cette espèce s'étend donc jusqu'à la côte nord de la Bretagne.

Elle forme de petites pustules de 2^{mm} de diamètre au maximum, d'abord

(1) Wigand, *Physikalische Zeitschrift*, 22, 1921, p. 81.
(2) Bauer, *Terr. Magn.*, 25, 1920, p. 145.
(3) Swann, *Phil. Mag.*, 47, 1924, p. 306.
(4) Séance du 25 avril 1927.
(5) J. Chalon, *Liste des Algues marines observées jusqu'à ce jour entre l'embouchure de l'Escaut et la Corogne* (inclus les îles anglo-normandes), p. 134; Anvers, 1905.

blanchâtres, puis brunissant en vieillissant. Chaque pustule envoie des prolongements vers l'intérieur du support sous forme de files cellulaires disposées dans les membranes des cellules de l'hôte. Cellules externes et cellules internes ne renferment aucun pigment assimilateur, et la coloration noirâtre ne se rencontre que dans la cuticule externe relativement épaisse. Cette Algue ne peut donc utiliser que les matières nutritives élaborées par son hôte, et d'après Oltmanns ([1]), *Harveyella mirabilis* est de toutes les Algues pénétrantes le seul parasite typique. Par son appareil de nutrition elle rappelle un Champignon; mais par son mode de fructification, formation de cystocarpes et de tétrasporanges, elle se comporte comme une véritable Floridée. Elle avait été d'abord rangée dans le groupe des Nemalionales; Sturch ([2]) a montré, en suivant la formation du cystocarpe, qu'elle devait être placée dans le groupe des Gigartinales.

Pour observer le développement, j'ai utilisé les spores émises par les tétrasporanges qui, en août, étaient déjà à maturité. Ces spores ont de 20 à 25^{μ} de diamètre; elles sont remplies d'un protoplasme granuleux sans traces de pigmentation; elles s'entourent d'une membrane épaisse, gélatineuse, avec laquelle elles adhèrent fortement au verre (*fig.* 1). Le noyau volumineux se divise bientôt, et par une série de bipartitions successives on obtient au bout de 48 heures un massif cellulaire renflé en son milieu. Les cellules périphériques prolifèrent en direction rayonnante (*fig.* 2), et, au bout de 3 semaines, on obtient des disques circulaires (*fig.* 3) pouvant atteindre 80^{μ} de diamètre dont les irrégularités sont dues à la présence de corps étrangers. Fait curieux, la spore est à peine fixée qu'il s'y forme de la phycoérythrine, et le massif cellulaire auquel elle donne naissance est fortement teinté de rouge. On s'explique donc que par ses propres moyens, sans utiliser de prétendues réserves, elle puisse s'étendre largement en surface et produire un disque dont les cellules sont toujours moins colorées que les cellules initiales.

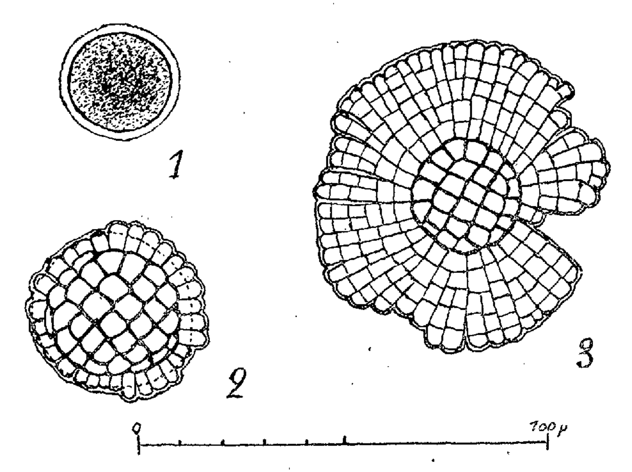
Comment les choses se passent-elles dans la nature? D'après Sturch, la partie interne se développerait d'abord et ce n'est que plus tard qu'apparaîtrait la partie externe. Il est difficile d'admettre que les spores, en raison de leur taille, puissent pénétrer à l'intérieur de l'hôte. Les spores qui tombent sur le sol doivent germer comme sur le verre et, peut-être, mener

---

([1]) Oltmanns, *Morphologie und Biologie der Algen*, 2e édition, Bd **3**, p. 493.

([2]) Harry H. Sturch, *Harveyella mirabilis* Schm. et Reinke (*Annals of Botany*, **13**, 1899, p. 83).

une vie indépendante pendant longtemps. Celles qui s'attachent aux rameaux de *Rhodomela* doivent germer de la même façon mais les files rayonnantes au lieu de s'étaler en surface doivent pénétrer à l'intérieur de



Germination des tétraspores d'*Harveyella mirabilis*.
1, spore fixée; 2, germination de trois jours; 3, germination de trois semaines.

l'hôte. La plante s'adapte à de nouvelles conditions de vie et perd sa phycoérythrine. Ce prétendu parasite typique n'est donc pas encore un vrai parasite puisqu'il est capable de vivre isolément, tout au moins pendant un certain temps.

J'ajouterai que, par sa germination en forme de disque adhésif, *Harveyella mirabilis* se rapproche de *Chondrus crispus* dont le développement des spores a été suivi par Kylin (¹), ce qui peut justifier encore la place systématique d'*Harveyella* dans le groupe des Gigartinales.

BOTANIQUE. — *Cytologie et sexualité du* Spermophthora Gossypii. Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Marin Molliard.

Le *Spermophthora Gossypii* est un champignon très curieux qui a été isolé récemment par Ahsby et Nowell (²) des graines de Cotonnier atteintes d'une maladie désignée sous le nom de stigmatomycose. Grâce à l'obli-

(¹) Kylin, *Ueber die Keimung Florideensporen* (*Arkiv für Botanik*, **14**, xxii, 1917, p. 5).
(²) Ahsby et Nowell, *Ann. of Botany*, **11**, clvii, 1926, p. 70-82.

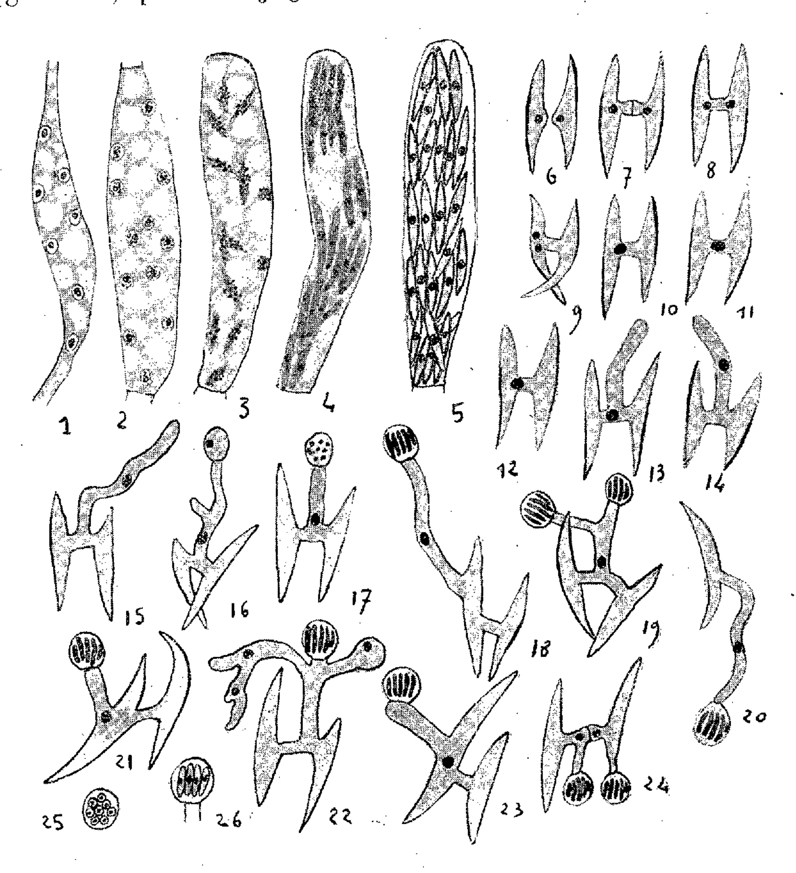
geance de M. Ahsby, nous avons pu obtenir une culture de ce champignon et il nous a paru intéressant d'en faire l'étude cytologique.

Le *Sp. Gossypii* se présente sous forme d'un mycélium dépourvu de cloisons, semblable à celui d'un Siphomycète : les filaments renferment d'assez nombreux noyaux et de gros cristalloïdes de protéine. Dans beaucoup de milieux, ce champignon s'est montré stérile. Au contraire, dans un mélange de bouillon de pomme de terre et de carotte gélosé, il a fourni au bout de quelques jours de nombreux sporanges. Ceux-ci apparaissent à l'extrémité ou dans une région quelconque des filaments sous forme de renflements fusiformes renfermant plusieurs noyaux et un cytoplasme alvéolaire (*fig.* 1). Ces renflements se délimitent par des cloisons transversales et grossissent (*fig.* 2), tandis que leurs noyaux subissent une mitose qui rappelle celles observées dans les asques des Ascomycètes supérieurs (*fig.* 3). A un stade ultérieur, les noyaux apparaissent au milieu de la cellule dans un cytoplasme homogène et très chromophile : celui-ci se décompose en un grand nombre de filaments (*fig.* 4) qui prennent bientôt l'aspect de spores fusiformes, uninucléées et pourvues sur un côté de leur membrane d'une sorte d'aiguille saillante (*fig.* 5). Le reste du cytoplasme (épiplasme), riche en réserve, est peu à peu absorbé par les spores, puis la membrane du sporange se déchire et les spores sont mises en liberté. Elles germent aussitôt, dans le milieu où elles se sont formées et souvent même leur germination commence à l'intérieur du sporange. Les spores se gonflent, puis s'unissent deux à deux par leur côté latéral au moyen de petits becs (*fig.* 6 et 7).

La paroi qui sépare les deux becs se résorbe et les deux spores apparaissent réunies par un canal (*fig.* 8). Le phénomène est accompagné d'une fusion nucléaire qui s'opère d'ordinaire au milieu de ce canal ou parfois dans l'une des spores (*fig.* 8 à 12), puisqu'on voit apparaître sur le canal ou quelquefois sur l'une des spores un tube germinatif dans lequel le noyau s'engage (*fig.* 13 à 15) et se divise une ou plusieurs fois. Ce tube reste toujours très court et peut se terminer directement par un renflement dans lequel s'introduit l'un des noyaux et qui se délimite par une cloison basilaire (*fig.* 16). Le noyau de la cellule ainsi formée subit trois divisions successives (*fig.* 17), puis celle-ci se transforme en un asque à 8 ascospores en forme de bâtonnets très chromophiles (*fig.* 18, 21 et 23), pourvues d'un seul noyau (*fig.* 26) et entourées d'un épiplasme. La figure 25 montre l'asque vu de face. Dans beaucoup d'autres cas, le tube germinatif se ramifie et produit un asque à l'extrémité de chaque rameau (*fig.* 19 et 22).

Assez souvent enfin, les spores germent isolément, soit directement (*fig.* 20), soit après avoir essayé de se conjuguer (*fig.* 24).

Ainsi, le *Sp. Gossypii* donne naissance à deux catégories de sacs sporifères : les uns représentent des gamétanges et renferment de nombreuses spores (gamètes) qui se conjuguent avant de germer; les autres se forment



aux dépens d'un court mycélium issu de la germination de l'œuf et qu'on peut considérer comme un sporophyte : ils sont assimilables à des asques. Par ses caractères tenant à la fois des Siphomycètes et des Ascomycètes, ce champignon présente un très grand intérêt phylogénétique. On doit le considérer comme un Ascomycète très archaïque, voisin des formes qui constituent le groupe encore mal connu et très hétérogène des Hémiascées. Il peut être rapproché à certains égards des genres *Protomyces* et *Taphridium* qui en diffèrent par leur thalle cloisonné et l'absence de sporophyte, mais

qui lui ressemblent par leurs sporanges dont les spores se conjuguent avant de germer. Il rappelle aussi par son mycélium siphoné et ses spores fusiformes le genre *Eremothecium*. Quoi qu'il en soit, l'étude cytologique du *Sp. Gossypii* paraît apporter la preuve certaine d'une étroite parenté entre les Siphomycètes et les Ascomycètes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du carbonate de sodium et du chlorure de calcium sur l'acidité du suc de Maïs* (Zea Mais *L.*). Note de M. **St. Karasiewicz**, présentée par M. Marin Molliard.

De nombreux auteurs ont constaté qu'en présence de carbonates alcalins les Champignons forment des acides organiques ([1]). Il nous a paru intéressant d'étendre la question aux plantes supérieures, et d'étudier l'acidité totale du suc de ces végétaux cultivés dans des milieux additionnés de carbonates. Pour cela, nous nous sommes servi de maïs cultivé dans un milieu aseptique, et nous avons adopté la méthode de culture de M. P. Mazé ([2]).

Au bout de quelque temps, quand la plante était bien développée, nous avons ajouté, dans nos flacons, des doses croissantes de CO^3Na^2 : $0^g,1$; $0^g,25$; $0^g,5$; 1^g ; 2^g par litre.

Dans d'autres séries de flacons, nous avons additionné de $CaCl^2 6 H^2O$: 2^g ; 4^g ; 8^g ; 12^g ; 15^g et 30^g par litre.

Après l'action des réactifs, ajoutés au bout de 20 jours, nous avons récolté, lavé et séché vers 100°, puis analysé l'acidité de nos plantes en employant la méthode proposée par M. Muttelet ([3]).

([1]) M. Molliard, *C. R. Soc. Biol.*, 83, 1919, p. 251. — Mlle Th. Robert, *Recherches sur le rôle physiologique du calcium chez les végétaux* (*Thèse*, Paris, 1915, p. 149).

([2]) P. Mazé, *Recherches sur la physiologie végétale* (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 35, 1911, p. 705).

([3]) F. Muttelet, *Étude sur l'acidité des jus de fruits* (*Ann. des falsif.*, 10, 1909, p. 383.

TABLEAU *a*. — *Série avec* CO^3Na^2 (flacons à 2^l).

	Acidité			Poids de la plante en gr.	Pourcentage			Acidité moyenne.
	soluble. I.	insol. II.	totale. III.	IV.	d'acidité en gr. V.	acidité soluble. VI.	acidité insol. VII.	
N° 1. Témoin......	0,304	0,640	0,944	7,51	12,57	4,05	8,52	6,20
2. »	0,808	0,346	1,154	8,95	12,89	9,03	3,89	
3. 2g,5 CO^3Na^2..	0,312	0,311	0,623	6,02	10,35	5,17	5,18	5,28
4. » ..	0,317	0,344	0,661	6,48	10,20	4,90	5,30	
5. 4g CO^3Na^2..	0,318	0,136	0,454	6,00	7,57	5,31	2,2	2,62
6. » ..	0,322	0,166	0,488	5,56	8,77	5,78	2,99	

TABLEAU *b*. — *Série avec* $CaCl^2 6H^2O$ (flacons à 2^l).

	Acidité			Poids de la plante en gr.	Pourcentage			Acidité moyenne.
	soluble. I.	insol. II.	totale. III.	IV.	d'acidité en gr. V.	acidité soluble. VI.	acidité insol. VII.	
N° 1. Témoin......	0,488	0,311	0,799	9,50	8,41	5,14	3,27	3,21
2. »	0,602	0,286	0,888	9,10	9,76	6,50	3,15	
3. 30g $CaCl^2$....	0,409	0,404	0,813	7,83	10,38	5,22	5,16	5,11
4. »	0,393	0,358	0,751	7,07	10,63	5,56	5,07	
5. 60g $CaCl^2$....	0,419	0,415	0,834	6,90	12,08	6,06	6,02	5,47
6. »	0,488	0,385	0,873	7,84	11,14	6,22	4,92	

a. Examinons d'abord l'influence du CO^3Na^3. En regardant les résultats obtenus, on voit que l'addition d'alcali fait baisser progressivement l'acidité totale. Cette acidité tombe de 12,89 à 7,57 pour 100, lorsque la dose de carbonate monte à 2g par litre (flacons de 2 litres).

L'examen montre que c'est surtout l'acidité fixée au calcium qui baisse et cela se voit encore mieux dans la septième colonne.

En effet, pour les témoins l'acidité moyenne fixée au calcium est de 6,20 pour 100; elle tombe à 5,28 pour 100 pour 0g,25 de CO^3Na^2 et à 2,62 pour 100 pour 2g par litre. Par contre, l'acidité combinée sous forme soluble dans l'eau n'est pas touchée.

b. Voyons maintenant ce que donne $CaCl^2$ (Tableau *b*). Les chiffres trouvés montrent que les plantes traitées par ce corps ont toutes une acidité totale supérieure à celle du témoin. L'acidité du témoin est 8,41 pour 100, tandis que la plante additionnée a 11,14 pour 100 et plus (voir 5e colonne). Cette démonstration est plus visible dans la dernière colonne, qu'alors que le témoin avait 3,21 pour 100 d'acides fixés moyens au

calcium, la plante traitée par $CaCl^2$ a 5,47 pour 100. Par contre, l'acidité combinée ne paraît pas influencée.

Conclusion. — 1° L'addition d'alcali au milieu où se développe le maïs fait baisser l'acidité totale de cette plante et la diminution porte sur les acides qui sont insolubles dans l'eau et fixés au calcium;

2° L'addition d'un sel de Ca au milieu nutritif où l'on cultive le maïs augmente l'acidité totale et cela en proportion du calcium ajouté. Ce sont les acides combinés au calcium de la plante qui augmentent dans ce cas;

3° Dans le changement de l'acidité totale sous l'influence soit du calcium, soit du CO^3Na^2, les acides solubles dans l'eau, libres ou combinés, ne paraissent pas être touchés, tout au moins sous le rapport de la quantité;

4° La différence d'action entre les sels de sodium et les sels de calcium sur l'acidité totale du suc de maïs est vraisemblablement plus apparente que réelle; si les sels de sodium étant solubles sont plus facilement excrétés par les racines et la sudation nocturne des feuilles que les sels de calcium, qui sont fixés dans la plante à l'état d'oxalate.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variation du pouvoir antitoxique en fonction de l'ionisation.* Note de MM. **L. Maume** et **J. Dulac**, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons vu antérieurement ([1]) comment on pouvait définir le minimum de toxicité d'un mélange de deux sels à l'égard du blé en germination par une propriété physico-chimique du milieu. La relation n'est pas modifiée si, en conservant les mêmes rapports de concentration, on opère à des concentrations supérieures ou inférieures à celles que nous avons indiquées.

Faisons varier la dilution des deux sels *à la fois;* c'est-à-dire conservons le rapport de toxicité; cela revient à prendre, pour l'un des mélanges, par exemple :

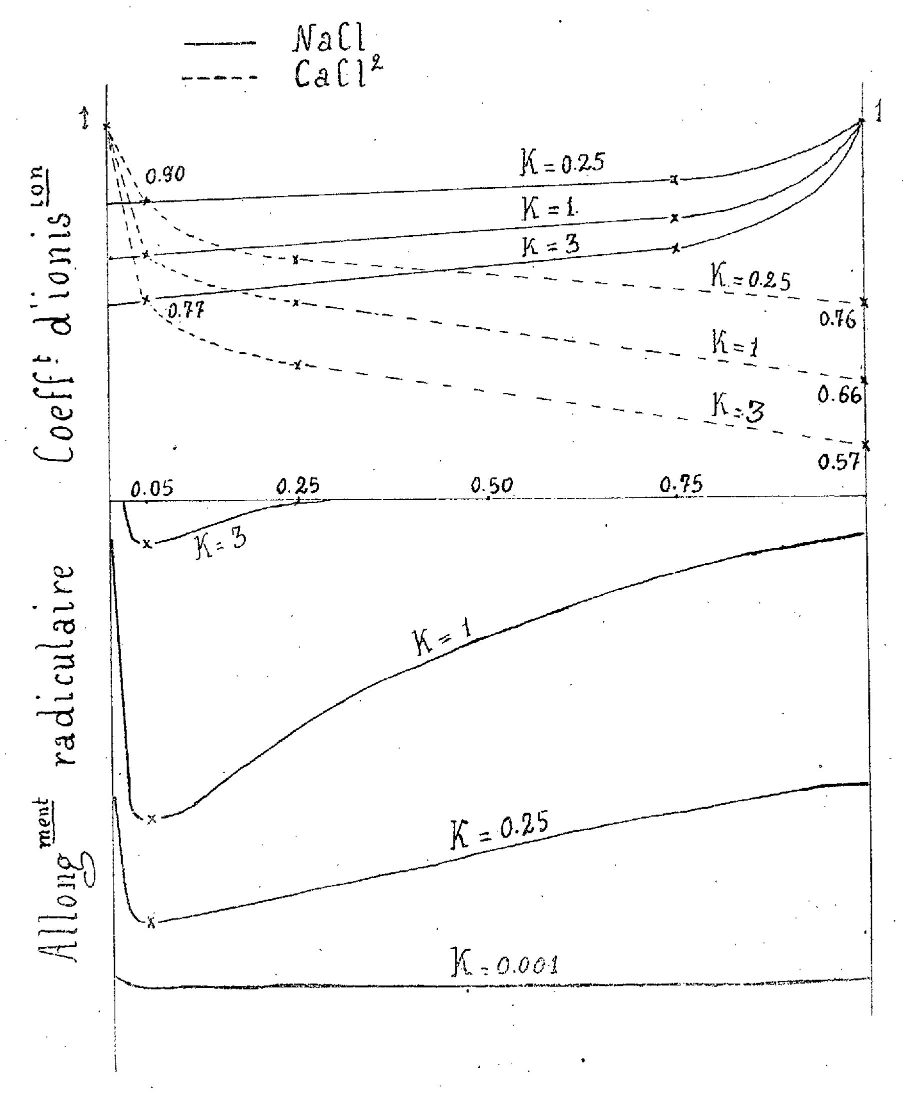
$$0,12 \text{ mol.-gr. NaCl} \times K,$$
$$0,164 \text{ mol.-gr. CaCl}^2 \times K.$$

K est un paramètre, qui, pratiquement, va varier de 0 à 3.

Les valeurs limites sont : 1° celle pour laquelle les solutions ne présentent

([1]) *Comptes rendus,* **184**, 1927, p. 1081.

plus aucune toxicité; 2° celle pour laquelle la concentration saline s'oppose à toute végétation (abiotique). Pour K = 1, la concentration est inchangée et l'allongement radiculaire = 55^{mm} dans les solutions pures (Osterhout).



La série des nouveaux mélanges, définis par chaque valeur du paramètre, engendre une famille de courbes qui tend vers deux limites opposées :

a. Le paramètre K *croît à partir de* 1. — La toxicité du milieu augmente, l'allongement radiculaire décroît. A la limite pour une certaine valeur du

paramètre, on n'observe plus aucune végétation; mais cette limite n'est atteinte en dernière expérience que par l'abscisse 0,05 S' (courbe $K = 3$).

b. Le paramètre K *décroît à partir de* 1. — La toxicité du milieu diminue, la longueur des racines augmente; cet allongement se fait avec des vitesses différentes pour les trois ordonnées remarquables A, A_1, A_2. A la limite, quand le paramètre a pris une valeur suffisamment faible, l'allongement radiculaire se manifeste pour toutes les proportions du mélange avec une égale intensité (courbes $K = 0,25$ et $K = 0,001$). Les solutions pures ne sont plus toxiques et leurs mélanges ne sont plus antitoxiques. Le rapport $\frac{A + A_2}{2A_1}$ tend vers l'unité quand K diminue; dans le cas contraire il tend vers zéro.

Le paramètre K *et l'ionisation.* — Les variations de K se traduisent par un déplacement vertical et progressif des courbes d'ionisation, sauf en ce qui concerne le point de l'ionisation limite qui est fixe : ce déplacement a lieu vers le haut pour $K < 1$ et vers le bas pour $K > 1$, sans qu'il donne lieu à des modifications sensibles de l'abscisse du point de croisement. Toutefois, aux fortes concentrations, la viscosité des sels dans le solvant peut intervenir et déplacer l'abscisse en question; si ce déplacement est notable, il est suivi par la courbe de végétation.

L'indétermination inhérente à l'observation de l'abscisse d'un minimum, à laquelle s'ajoute ici celle qu'apporte toujours un être vivant, dépasse de beaucoup les faibles déplacements que peut subir l'abscisse du point de croisement des courbes d'ionisation, quand on fait varier K.

Nous pensons pouvoir grouper ces derniers faits, ainsi que ceux précédemment publiés dans une loi, en la limitant *pour le moment* aux cas que nous avons étudiés, loi qui peut s'exprimer ainsi :

Dans les mélanges binaires de chlorures (alcalins et alcalino-terreux), le minimum de toxicité apparaît pour les quantités de ces deux sels qui, si elles étaient séparément dissoutes dans un volume d'eau égal au volume du mélange, fourniraient des solutions possédant le même coefficient d'ionisation.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Légumineuses. Les derniers stades du développement de l'embryon chez le* Trifolium minus *Rehl.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

On a vu précédemment que le proembryon du *Trifolium minus* se compose d'un suspenseur *sensu stricto*, globuleux, aplati, et d'un embryon

proprement dit comprenant lui-même une épiphyse et trois assises cellulaires bien séparées.

La cellule épiphysaire se partage par une cloison verticale en deux cellules juxtaposées, lesquelles prennent à leur tour de nouvelles cloisons verticales, puis des parois transversales, donnant ainsi naissance à deux tétrades cellulaires superposées : la tétrade supérieure peut être considérée comme représentant les initiales de l'épiderme, la tétrade inférieure les initiales de l'écorce au sommet de la tige. Les éléments de ces deux tétrades, durant les stades proembryonnaires, se multiplient peu; jusqu'à la naissance des cotylédons, ils forment un groupe toujours bien distinct; peu après, les limites qui les séparent des cellules voisines s'effacent complètement.

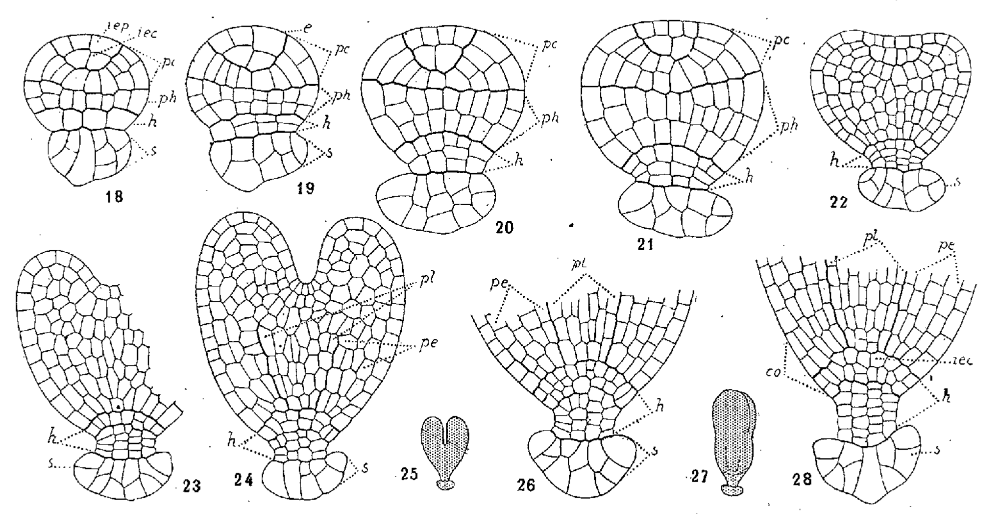


Fig. 18 à 28. — *Trifolium minus* Rehl. — Les dernières étapes du développement embryonnaire. *pc*, partie cotylée; *ph*, partie hypocotylée; *e*, épiphyse; *h*, hypophyse; *s*, suspenseur; *iep*, initiales de l'épiderme; *iec'* et *iec*, initiales de l'écorce de la tige et de la racine; *pl*, plérome; *pe*, périblème; *co*, coiffe. En 25 et 27, jeunes embryons d'où sont tirés les détails des figures 26 et 28. G. = 350; 180 pour les figures 22 à 24, 26 et 28; 36 pour les figures 25 et 27.

L'assise cellulaire, *pc*, placée sous l'épiphyse (*fig.* 18), s'étend à droite et à gauche en prenant des cloisons verticales ou périclines. Puis apparaissent, à partir de l'extérieur, des cloisons radiales ou transversales qui semblent dans certains cas ne pas intéresser les cellules les plus voisines de l'axe. Ces dernières constituent la portion culminante du cylindre central de la tige; les cellules latérales, dans deux régions diamétralement opposées, vont contribuer à l'édification des deux cotylédons. Tous les éléments issus de l'assise sous-épiphysaire, *pc*, représentent donc la partie cotylée.

L'assise *ph* (*fig.* 18) correspond, par contre, à la partie hypocotylée. Des cloisonnements transversaux se produisent dans son intérieur, tout d'abord à partir de la périphérie; il se constitue de la sorte deux nouvelles assises. Il s'en développe bientôt une troisième, aux dépens de la couche supérieure, voisine de la partie cotylée. En même temps des parois verticales ou tangentielles commencent à s'établir, de sorte

que toute la région correspondant à la partie hypocotylée forme bientôt un massif cellulaire, de notables proportions, au sein duquel toutefois il n'est pas encore possible de distinguer les éléments propres aux trois histogènes. C'est seulement au début de la croissance des cotylédons que le dermatogène paraît définitivement individualisé (*fig.* 22); peu après le périblème et le plérome se détachent à leur tour. A ce moment, les traces du plan équatorial séparant les deux parties, cotylée et hypocotylée, sont tout à fait disparues (*fig.* 24).

L'assise *h*, voisine du suspenseur proprement dit, donne naissance à l'hypophyse. Les segmentations dont elle est le siège présentent une certaine régularité. Les quatre éléments qui, en coupe longitudinale (*fig.* 18), composent cette assise, deux périphériques et deux centraux, se cloisonnent d'abord transversalement (*fig.* 19). Il se forme ainsi deux nouvelles assises.

Par segmentations transversales successives, l'assise inférieure donne quatre séries longitudinales d'éléments, toujours bien distinctes dans la partie aminci qui réunit l'embryon proprement dit au suspenseur (*fig.* 20 à 23). Dans la couche supérieure, les éléments périphériques se segmentent tangentiellement et fournissent les portions latérales de la coiffe; les éléments circumaxiaux, après divisions transversales quelquefois précédées de segmentations longitudinales, engendrent les initiales de l'écorce de la racine, vers le haut, et les premiers des éléments de l'assise calyptrogène, vers le bas. Les processus de division de cette partie hypophysaire peuvent être comparés à ceux que l'on observe chez les Géraniacées.

Soit que l'on considère le mode de segmentation et les destinées des deux premières cellules proembryonnaires, ou que l'on envisage le rôle histogénique des parties constitutives du proembryon, on constate que l'embryon du *Trifolium minus* diffère essentiellement de tous les autres types embryonnaires déjà étudiés. Au cours de son développement apparaissent toutefois certaines particularités, observées dans d'autres cas, mais ce sont là thèmes à discussion qui seront ultérieurement abordés dans un autre recueil.

PHYSIOLOGIE. — *De l'influence des fortes pressions sur l'imbibition des tissus.* Note (¹) de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. L. Joubin.

Regnard, étudiant l'action des hautes pressions sur les phénomènes de la vie (²), avait signalé qu'un train postérieur de grenouille préparé à la Galvani et comprimé dans l'eau à 600^{atm} voyait son poids augmenté du cinquième. Il en concluait à une action de la pression sur l'imbibition. Mais ici deux facteurs interviennent dans l'imbibition des tissus : d'une part, la pression; d'autre part, l'hypotonicité du milieu extérieur. Et, comme le

(¹) Séance du 9 mai 1927.

(²) Regnard, *Sur la cause de la rigidité des muscles soumis aux très fortes pressions* (*C. R. Soc. Biol.*, 36, 10 mai 1884, p. 310-311).

montre l'expérience suivante, ce second facteur masque totalement le premier :

Trains postérieurs préparés à la Galvani.	Poids initial.	Poids final.	Augmentation de poids en pour 100.
1° Comprimé à 600^{kg} par cm^2 dans l'eau pure pendant 30 minutes.	11^g,200	13^g,650	21,8
2° Laissé dans l'eau pure à la pression atm. pendant 30 minutes.	11,050	13,400	21,2

Nous avons alors repris ces expériences en plongeant les trains postérieurs, non plus dans l'eau pure, mais dans une solution équilibrée et sensiblement isotonique aux tissus. La solution employée était du liquide de Bœr [1] :

Trains postérieurs préparés à la Galvani.	Poids initial.	Poids final.	Augmentation de poids en pour 100.
1° Comprimé à 500^{kg} par cm^2 pendant une heure..............	4^g,350	4^g,700	8,0
2° Laissé à la pression atmosphérique pendant une heure....	4,750	4,770	0,4

On comprend aisément, d'après ces résultats, que l'influence de la pression, qui est ici évidente, ait été masquée dans l'expérience précédente. L'imbibition résultant d'une forte pression est en effet moins marquée, et surtout, comme le montrent les expériences suivantes, bien plus lente que celle résultant de l'hypotonicité de l'eau pure.

On peut se demander si le mécanisme est réversible et si, une fois décomprimés, les tissus perdent cette eau d'imbibition.

Trains postérieurs préparés à la Galvani :	Temps en heures.			
	Sous 500^{kg}.		A la pression atm.	
	0^h.	1^h.	6^h	8^h.
1° comprimé à 500^{kg} par cm^2 pendant 1 heure dans le liquide de Bœr. Est remis ensuite dans ce même liquide à la pression atmosphérique......................	8^g,730	9^g,170	10^g,070	10^g,200
	A la pression atmosphérique.			
2° à la pression atmosphérique dans le liquide de Bœr.....................	6^g,820	6^g,790	6^g,850	6^g,800

Cette expérience montre nettement que l'imbibition forcée, produite par la pression, loin de rétrocéder, se poursuit à la pression atmosphérique.

Nous nous sommes demandé si la présence de la peau sur les trains pos-

(1) Bœr, *Arch. néerland. de Physiologie*, 15, 1918, p. 352.

térieurs des grenouilles ne ralentirait pas l'imbibition. C'est bien, en effet, ce qu'a montré l'expérience suivante.

Deux trains postérieurs de grenouille, l'un tel quel, l'autre préparé à la Galvani, ont été comprimés 30 minutes à 550^{kg} dans du liquide de Bœr et remis ensuite à la pression atmosphérique dans ce même liquide. Les chiffres indiquent l'augmentation de poids en pour 100 rapportée au poids initial.

	Temps en heures.			
	Sous 550^{kg}.	A la pression atmosphérique.		
	30^m.	2^{h}30^m.	7^h.	25^h.
Trains postérieurs sans peau........	5,1	11,3	16,2	18,5
» » avec peau........	0,9	3,1	8,6	16,1

Donc en résumé :

1° Il faut distinguer nettement l'imbibition résultant de l'hypotonicité de l'eau pure de celle ayant pour cause une forte pression. Cette dernière est moindre et s'effectue bien plus lentement que la première.

2° L'imbibition se poursuit après la compression. Il suffit d'une pression de 500 à 600^{kg} pendant une dizaine de minutes pour déclencher l'imbibition qui se continuera à la pression atmosphérique.

3° Un train postérieur de grenouille ayant conservé sa peau s'imbibe bien plus lentement qu'un autre préparé à la Galvani.

HISTOLOGIE. — *L'existence d'une* housse *neuro-musculaire au niveau des artères glomérulaires de l'Homme.* Note (¹) de M. **Ch. Oberling**, présentée par M. Quénu.

Dans un grand nombre de reins humains examinés dans des conditions impeccables (prélèvement immédiatement après la mort, fixation au Zenker Formol, colorations par les méthodes trichromes de P. Masson), nous avons pu mettre en évidence un appareil cellulaire spécial, situé tout autour de l'artère afférente du glomérule.

Ce sont des cellules assez volumineuses dont la forme exacte est difficile à préciser. Au premier coup d'œil, elles paraissent vaguement arrondies ou polygonales, mais un examen plus approfondi montre qu'elles

(¹) Séance du 25 avril 1927.

émettent des expansions cytoplasmiques qui s'enchevêtrent avec les prolongements issus des cellules avoisinantes. Les cellules et leurs expansions sont engainées par de fines fibrilles collagènes. Le noyau, muni d'un réseau chromatique très délicat, est tantôt arrondi, tantôt incurvé. Le cytoplasme est relativement clair et contient de fines granulations acidophiles. Ces granulations existent constamment, elles sont ou bien disséminées un peu partout dans le cytoplasme, ou accumulées dans une partie de la cellule, de préférence dans la région juxtanucléaire.

Ces cellules occupent la région adventitielle de l'artère. Dans des coupes bien orientées on se rend compte qu'elles se sont placées en dehors des cellules musculaires dont elles se distinguent facilement. Elles n'existent que sur un court trajet, dans le segment prégloméruIaire de l'artère afférente. D'abord elles apparaissent isolément, puis elles deviennent de plus en plus fréquentes; au point même où l'artère pénètre dans la glomérule, elles constituent une véritable gaine ou *housse* périartérielle, formée suivant les cas par une ou plusieurs couches de cellules. En moyenne on peut compter 15 à 20 cellules par artère afférente.

Autant que nous pouvons en juger, ces cellules existent constamment à l'état normal, ce n'est que leur nombre qui varie. Au point de vue morphologique, elles ressemblent de très près aux cellules de la housse de Schweigger-Seidel ([1]) des artérioles spléniques: elles sont identiques aux éléments neuro-musculaires des glomus digitaux décrits par P. Masson ([2]). Ces ressemblances morphologiques justifient sans doute un rapprochement physiologique entre ces différents éléments cellulaires. Il paraît établi aujourd'hui que les glomus digitaux sont des organes vasomoteurs qui interviennent directement dans la régulation de la pression sanguine locale; il est non moins sûr que la housse de Schweigger-Seidel assume une fonction tout à fait analogue. Dès lors nous pouvons conclure que la housse de l'artère glomérulaire joue le rôle d'un centre vasomoteur périphérique.

Cette constatation est intéressante à plusieurs points de vue.

D'après les recherches de Leriche et de ses collaborateurs, l'idée s'affirme de plus en plus qu'il faut « reporter à la périphérie le lieu de pro-

---

([1]) Voir J. Jolly, *Traité technique d'Hématologie*, 2, p. 768 (Maloine, édit., 1923).

([2]) P. Masson, *Le glomus neuromyo-artériel des régions tactiles et ses tumeurs* (*Lyon Chirurgical*, 31, iii, 1924, p. 257).

duction des actions vasomotrices qui règlent les circulations locales ». La mise en évidence, par les méthodes histologiques, de cellules, aptes à jouer ce rôle, fournit la base anatomique de ces déductions physiopathologiques.

En envisageant l'existence d'un appareil neuro-vasculaire autonome de l'artère glomérulaire, on arrivera sans doute à comprendre certains faits qui jusqu'à présent sont restés inexplicables, tel que par exemple l'action du froid sur la circulation glomérulaire.

Enfin, il est fort probable que cet appareil intervient également dans la genèse de l'hypertension artérielle, consécutive à la dégénérescence hyaline de l'artère glomérulaire.

ZOOLOGIE. — *Sur la texture du test de* Textularia sagittula *Defrance*. Note de M. E. Lacroix.

Le *Textularia sagittula*, espèce très connue sur les côtes de la France et des Iles Britaniques, constitue, par sa forme aplatie en fer de lance, un objet de choix pour l'étude de la texture du test de ce genre de Foraminifères. Encore faut-il prendre certaines précautions dans la sélection des spécimens soumis à l'analyse.

Suivant les fonds marins, la nature des corps étrangers choisis par le sarcode pour la construction de son enveloppe protectrice peut varier notablement; d'autre part, la substance organique sécrétée par le sarcode, soit pour cimenter ces matériaux étrangers, soit pour tapisser la face interne des loges d'une fine membrane chitineuse, est, comme toutes les substances quaternaires, rapidement altérable après la mort du sarcode. Il est donc indispensable d'analyser des spécimens de provenances diverses et surtout de choisir des individus, sinon vivants, tout au moins très frais, immédiatement après le dragage.

Les multiples échantillons de sables dragués par le *Pourquoi-Pas?*, au cours des Campagnes (sur le banc de Rockall) aux îles Féroë (1924), dans la Manche (1924) et dans le golfe de Gascogne (1925), nous ont fourni plusieurs centaines d'exemplaires de *Textularia sagittula;* nous avons dû en sacrifier un très grand nombre avant de rencontrer des spécimens de conservation irréprochable : leur analyse modifie sensiblement les notions admises actuellement sur la nature du test de ces Foraminifères.

Pour les auteurs modernes, chez les *Textularia*, le test, rugueux et

granulé, serait essentiellement calcaire; il n'agglutinerait pas, ou très peu, de grains de sable et serait entièrement dissous par les acides.

Or les spécimens de *T. sagittula* provenant de la St. 9 près de l'île Rockall, traités par les acides, laissent apparaître une coque membraneuse, anhyste, faiblement teintée de jaune, dessinant tous les contours des loges avec leurs tubes de communication. A la surface de cette coque chitineuse restent adhérents quelques grains de sable quartzeux, hyalins, de taille variable, entremêlés de fines granulations noires, de nature ferrugineuse. Sur les bords, dessinant le contour du plasmostracum, se voit un fin réticulum anhyste, incolore, retenant quelques grains de sable : les espaces vides de ce réseau marquent la place des matériaux calcaires dissous par les acides.

Les spécimens de *T. sagittula* provenant de la St. 1087 « Vasière » du golfe de Gascogne, après l'action des acides, montrent cette même coque chitineuse, recouverte par une couche continue de grains de sable quartzeux, hyalins, de dimensions variables pouvant atteindre 45^{μ}, séparées par une poussière sableuse, extrêmement fine, dont les grains atteignent à peine 2^{μ}. Cette couche arénacée, qui dessine tous les contours du plasmostracum, constitue, après l'action des acides, un édifice fragile que la seule pression de la lamelle couvre-objet peut écraser et réduire à l'état d'une traînée de sable très fin : de ce fait on peut déduire que le ciment unissant tous ces éléments arénacés est de nature calcaire.

Les spécimens de Rockall et ceux du golfe de Gascogne représentent les deux variétés extrêmes d'un même type fondamental de texture, dont la différence réside simplement dans la proportion relative des matériaux calcaires et du sable siliceux qui composent le test.

D'ailleurs, sur des exemplaires non traités par les acides et montés dans le baume de Canada, à l'œil nu ou à la loupe, on ne peut différencier ces deux variétés que par la teinte du plasmostracum qui est dans les spécimens de Rockall d'un blanc piqueté de noir et dans ceux du golfe de Gascogne d'un gris roussâtre. A un fort grossissement la difficulté est encore plus grande, l'aspect granuleux du plasmostracum étant, dans ces deux variétés, dû à des plaquettes calcaires ou à des grains quartzeux en proportion variable, se détachant, les uns comme les autres, en aires claires sur le fond gris sombre de la gangue très finement granuleuse dans laquelle ils sont noyés : l'analogie chimique seule permet la différenciation.

Le *T. sagittula*, espèce type du genre *Textularia*, appartient donc au groupe des Foraminifères Chitino-arénacés. S'il est prouvé, comme nous

le font prévoir des recherches en cours, que la plupart des autres espèces du genre *Textularia* ont cette même texture, la révision de la famille de *Textularidæ* s'impose plus que jamais.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hydrolyse de la fécule par l'acide sulfurique.* Note de M. P. NOTTIN, présentée par M. L. Lindet.

On admet en général que l'amidon, chauffé avec un acide, ne se transforme pas directement en glucose, mais se dégrade progressivement, en passant par une série de corps intermédiaires, d'abord les glucides complexes appelés dextrines, puis, par hydrolyse des dextrines, le maltose et enfin le glucose; Nanji et Beazeley (1) pensent même qu'il interviendrait douze réactions successives. Dans cette hypothèse, il devrait être possible, en faisant varier les conditions expérimentales, de favoriser tantôt une réaction, tantôt une autre, et, par cela même, de faire dominer l'un des produits de l'hydrolyse par rapport aux autres. Ce n'est pas ce qui ressort des expériences de Defren (2).

Un nouveau moyen d'investigation réside dans le dosage direct du glucose au moyen de l'acétate de cuivre, suivant la technique de Le Grand (3), sous réserve d'une légère modification dans le calcul des résultats (4); il est nécessaire d'éliminer l'acide sulfurique par la baryte. J'ai constaté que la présence de maltose et de dextrine ne modifie pas le pouvoir réducteur du glucose vis-à-vis de l'acétate de cuivre ni vis-à-vis de la liqueur cupropotassique. En outre, j'ai eu recours à la fermentation par la levure Marxianus, qui, dépourvue de maltase, détruit uniquement le glucose, comme je l'ai vérifié sur des mélanges de glucose et de maltose purs avec la dextrine commerciale. Mise au contact de fécule partiellement hydrolysée, cette levure a détruit le glucose indiqué par l'analyse chimique, sans toucher aux autres glucides.

	Glucose.	Autres réducteurs en maltose.	Non réducteurs en maltose.
Avant fermentation.........	3,54	5,32	3,86
Après fermentation.........	0,04	5,19	3,91

(1) *Journal Society Chemical Industry*, **45**, 1926, p. 215.
(2) *VIIIe Congrès de Chimie appliquée*, **13**, 1912, p. 111.
(3) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 602.
(4) P. NOTTIN, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 410.

Par contre, une levure secrétant la maltase n'arrive pas à détruire complètement les sucres réducteurs autres que le glucose; c'est un fait connu, qui a été utilisé encore dernièrement par Nanji et Beazeley. D'autre part, les glucides non réducteurs ne sont pas tous insolubles dans l'alcool 95° G. L., ni même dans l'alcool additionné d'éther; il existe en effet, dans les produits de l'hydrolyse acide de la fécule, des glucides plus ou moins réducteurs que Pringsheim et ses collaborateurs ont particulièrement étudiés ([1]).

Toujours est-il que le dosage chimique du glucose est possible, directement, avec exactitude et avec rapidité. Aussi ai-je repris, avec cette méthode, les expériences de Defren, en recherchant l'influence, sur l'hydrolyse, de la température, de la durée de chauffage, de l'acidité, des matières salines et du rapport entre le poids de fécule et le volume d'eau acidulée. J'ai effectué plus de 250 essais dont les résultats seront publiés dans les *Annales de l'Institut National Agronomique*. Ils m'ont conduit à la même conclusion que Defren : le glucose et les autres sucres réducteurs apparaissent dès le début de l'hydrolyse, et, à chaque quantité de glucose réel, correspondent un pouvoir rotatoire et un pouvoir réducteur de la liqueur cupropotassique toujours les mêmes, quelles que soient les circonstances expérimentales :

Pour 100 *de fécule.*

Glucose réel	10	20	30	50	70	90	111
Pouvoir réducteur	28	45	53	72	86	100	111
Pouvoir rotatoire	180°	161°	146°	120°	98°	78°	58°

Les différents facteurs étudiés modifient profondément la vitesse d'hydrolyse; il serait curieux que trois et *a fortiori* douze réactions fussent modifiées à la fois de façon identique. Par exemple, le même état de dégradation s'obtient par des moyens très différents :

Chauffage	température	120°	127°	120°	120°
	durée	4 heures	1 heure	1 heure	35 minutes
Acidité (SO^4H^2 pour 100^{cm^3})		0,010	0,024	0,049	0,098
Pour 100^g de fécule	glucose	7,2	8,7	7,7	8,9
	autres réducteurs en maltose	25,0	25,3	25,4	27,2

Ces faits se concilient mieux avec l'hypothèse bien ancienne ([2]) que

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **14**, 1913, p. 182; **36**, 1924, p. 1471.

([2]) Musculus, *Comptes rendus*, **50**, 1860, p. 785, et **54**, 1862, p. 194.

l'acide décompose directement la matière amylacée en plusieurs produits à la fois : glucose, maltose, autres réducteurs, glucides non réducteurs. Par une action plus violente de l'acide, tous ces corps s'hydrolysent à leur tour jusqu'au terme final, le glucose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Une réaction histochimique nouvelle des lécithines, la réaction iodophile.* Note [1] de M. **Marc Romieu**, transmise par M. Paul Sabatier.

Recherchant un procédé de détection histochimique des lécithines, nous avons pu constater, au cours de nos essais, l'iodophilie intense des lécithines qui nous a paru représenter, en s'entourant de certaines précautions, une réaction assez sensible et assez caractéristique pour permettre de localiser ces substances sur des coupes histologiques. Cette réaction ne nous paraît pas avoir été signalée par les auteurs.

Nous avons vu que si l'on examine au microscope de la lécithine pure et fraîche de l'œuf ou du cerveau étalée en couche mince sur une lame de verre, elle paraît incolore. Si l'on fait agir sur cette mince couche de lécithine, surtout après un début d'hydrolyse par une solution étendue d'HCl, une solution iodo-iodurée assez concentrée en iode, ou également des vapeurs d'iode en vase clos, la lécithine prend une teinte brun acajou ou grenat assez foncée, rappelant beaucoup la réaction de l'iode décrite par Cl. Bernard et considérée depuis par beaucoup d'auteurs, souvent sans autre contrôle, comme absolument caractéristique du glycogène.

On pourrait penser que cette réaction brun acajou doit être attribuée à une souillure de la lécithine dite pure du commerce par du glycogène. Il n'en est certainement pas ainsi, car, en traitant cette lécithine, soit directement par l'HCl à 2,2 pour 100 pendant plusieurs heures au bain-marie, soit après l'emploi de la technique de Pflüger nous n'avons jamais obtenu de sucre réduisant la liqueur de Fehling. D'ailleurs, même si nous en avions obtenu, la démonstration n'eût pas été probante, car les recherches concordantes de Cl. Bernard et de A. Dastre, confirmées depuis par une autre méthode par H. Bierry, Hazard et Ranc [2], ont montré que le glycogène n'existait jamais dans l'œuf de l'oiseau, mais que, par contre, on y trouvait

(1) Séance du 2 mai 1927.

(2) H. Bierry, Hazard et A. Ranc, *Sur les hydrates de carbone de l'œuf de poule* (*C. R. Soc. Biol.*, 73, 1912, p. 93).

de façon constante un peu de glucose, dans une proportion voisine de 3 pour 1000. De plus, alors que nous avons toujours obtenu facilement la réaction d'Axenfeld avec les solutions aqueuses de glycogène, cette réaction a toujours été négative avec l'émulsion provenant d'une ébullition prolongée de la lécithine dans l'eau. Enfin en dissolvant la lécithine dans l'alcool absolu chaud, on n'observe pas de précipité, ce qui se produirait s'il se trouvait du glycogène dans la lécithine. La lécithine pure du commerce semble donc ne contenir ni glucose ni glycogène, et ce n'est pas à ce dernier corps qu'on peut attribuer la réaction brun acajou fournie par l'iode.

Nous avons d'ailleurs constaté que l'action de la chaleur sèche, de l'eau bouillante, de la salive, de l'HCl dilué, de l'eau de brome et de tous les agents déterminant un certain degré de décomposition de la lécithine renforcent son affinité pour l'iode, alors que la plupart de ces agents ont un effet inverse lorsqu'il s'agit du glycogène. Nous avons constaté de plus que la teinte acajou obtenue avec la lécithine en solution alcoolique ne disparaît pas par la chaleur, contrairement à ce qui se produit pour le glycogène en solution aqueuse. Il en est de même sur les frottis même par ébullition de la solution iodo-iodurée. La teinte brune disparaît par contre instantanément par les solvants de l'iode et par les solutions aqueuses d'hyposulfite de soude, comme du reste dans le cas du glycogène.

Dans ces conditions, comment interpréter la réaction brun acajou de la lécithine. Est-ce une solution solide d'iode ou une combinaison instable?

Nous penchons pour la dernière hypothèse. Il s'agit très probablement d'une iodocholine instable, soluble dans la lécithine et insoluble dans le réactif iodé. Ce qui tend à le prouver, c'est que, si l'on pousse sur lame l'hydrolyse par une solution étendue d'HCl au $\frac{1}{10}$ et qu'on fait agir ensuite le réactif iodo-ioduré, on constate tout d'abord que la teinte de la lécithine devient de plus en plus foncée, tourne au violet, puis au brun noir, et lorsque l'hydrolyse est complète, on obtient des cristaux de Florence, caractéristiques par leur forme, leur teinte, leur durée éphémère, leur réapparition par adjonction du réactif. Or on sait, depuis les recherches de Bocarius [1], que les cristaux de Florence, que ce dernier auteur croyait spéciaux au sperme humain, décèlent la présence de la choline et qu'on peut les obtenir, ainsi que l'ont bien montré les recherches de Struve [2] et

---

([2]) Cité par Rosenheim.

([3]) Struve, *Zur Bedeutung der Florence'schen Reaction* (*Zeitsch. f. analyt. Chemie*, **39**, 1900, p. 1).

de Rosenheim [1], avec différents liquides organiques contenant de la lécithine et de la choline libre.

Pour distinguer facilement la réaction brun acajou des lécithines de celle du glycogène, il suffira, selon nous, en admettant que le glycogène n'a pas été éliminé en partie par l'action d'un fixateur non alcoolique, de traiter les coupes par un léger chauffage jusqu'à quelques émissions de vapeurs par l'HCl à 10 pour 100 dans l'eau, Dans ce réactif le glycogène est dissous, partiellement hydrolysé ou transformé en achrooglycogène. Sa colorabilité disparaît rapidement. On peut aussi traiter les coupes une demi-heure à une heure par l'eau bouillante au bain-marie. La distinction avec la substance amyloïde se fera en utilisant l'acide sulfurique très étendu qui, après traitement par l'iode, colore l'amyloïde en bleu violacé. Cette réaction ne se produit pas avec la lécithine.

On voit donc qu'il peut être important de savoir que la lécithine fournit une réaction iodophile très voisine de celle du glycogène et qu'on ne saurait être trop prudent dans l'interprétation de la réaction de Cl. Bernard. Nous pensons que bien des localisations du glycogène décrites dans le règne animal et dans le règne végétal, spécialement dans les œufs des vertébrés et des invertébrés, mériteraient d'être reprises à la lumière de l'existence d'une réaction brun acajou des lécithines, confondue jusqu'ici avec celle du glycogène.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la digestion pancréatique de la laine.* Note [2] de MM. **L. Meunier**, **P. Chambard** et **H. Comte**, transmise par M. V. Grignard.

Le brin de laine non jarreux est constitué essentiellement par un assemblage de cellules allongées, disposées parallèlement dans le sens du brin, et soudées les unes aux autres par un ciment protéique. Cet assemblage est entouré d'une tunique écailleuse formée d'éléments très aplatis. Nathusius [3] avait déjà observé qu'un traitement prolongé à l'ammoniaque était capable de désagréger le ciment soudant les cellules internes et de les libérer sous forme de fuseaux allongés.

---

(1) Rosenheim, *New tests for cholin in physiological fluids* (*Journal of Physiology*, **33**, 1905-1906, p. 220-224).

(2) Séance du 9 mai 1927.

(3) *Archiv. f. Mikr. Anat.*, **43**, 1894, p. 148.

Nous avons cherché à résoudre le même problème par une digestion pancréatique de la laine, préalablement soumise à un gonflement réglé d'après les données de Meunier et Rey [1]. Ces auteurs ont établi que la laine blanchie au soufre possédait un minimum de gonflement accusé, pour pH = 3,6-3,8 (point isoélectrique), et que ce gonflement augmentait très rapidement du côté des pH alcalins, jusqu'à ce que le phénomène de dissolution de la laine se manifeste.

Nous sommes partis d'un filé de laine blanchi au soufre, préalablement lavé à l'eau distillée. Des échantillons de 2^g, correspondant à $1^g,75$ de laine sèche à l'absolu, ont été mis à gonfler pendant 48 heures à 18° C. dans 100^{cm^3} de solutions-tampon variant de pH = 2 à pH = 10. Les échantillons ont été ensuite rincés à l'eau distillée et maintenus pendant 48 heures à 37° dans une liqueur à 2 pour 1000 de pancréatine (marque Byla-Codex), tamponnée à pH = 8. Les échantillons de laine ont ensuite été retirés, lavés, séchés et pesés. Les liqueurs restantes, plus ou moins troubles, ont été centrifugées et utilisées pour le dosage de l'azote total dissous (Kjeldhal) et de l'azote aminé dissous (Sörensen). Les dépôts centrifugés et les liqueurs de lavage ont été examinés au microscope. Les résultats obtenus ont été consignés dans le tableau ci-dessous, après corrections convenables au moyen de facteurs établis par des expériences-témoin, sans pancréatine, et en tenant compte, d'autre part, de l'azote de la pancréatine.

pH des liqueurs de gonflement à l'équilibre.	Poids de la laine sèche après digestion (en mg.).	Azote total dissous (en mg.).	Azote aminé dissous (en mg.).	Observations.
2	1688	3,4	1,4	Liqueurs de digestion et de lavage légèrement troubles.
3	1750	0,6	0,6	
4 (point isoélectrique)	1735	0	0	Liqueurs de digestion et eau de lavage claires.
5	1710	2,8	1,6	Les liqueurs de digestion et les eaux de lavage sont d'autant plus troubles que le gonflement préalable a été plus accusé.
6	1650	5	2,4	
7	1595	7,2	3,6	
8	1570	8,4	3,6	
9	1340	14,6	6,4	
10	1175	15,6	6,4	

L'examen microscopique du dépôt centrifugé et des eaux de lavage montre que le dépôt est constitué par les cellules fusiformes du brin de laine

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 285.

dont le ciment de soudure a été digéré par la diastase et qui ont, pour ainsi dire, vidé la tunique externe. D'ailleurs, en augmentant la proportion de pancréatine jusqu'à 5 pour 100 avec une laine gonflée à pH = 10, les cellules écailleuses de la tunique externe sont elles-mêmes détachées, de telle sorte que la laine perd sa structure et le moindre broyage la réduit en une bouillie compacte renfermant l'ensemble des cellules séparées. Entre nicols croisés, les éléments cellulaires isolés ne présentent pas de biréfringence, tandis que s'ils sont groupés en paquets, la biréfringence se manifeste comme sur le brin de laine normal.

Conclusions. — 1° La digestion, par la pancréatine, du ciment agglutinant des cellules fusiformes de la laine est d'autant plus active que la laine a été soumise préalablement à un gonflement plus accentué et cela principalement, pour le gonflement alcalin. Lorsqu'il a été provoqué au pH = 10, la pancréatine détache progressivement les cellules incluses dans la tunique externe, qui se présente alors sous forme d'un tube creux.

Si la concentration en pancréatine atteint 5 pour 1000, les écailles de cette tunique sont, elles-mêmes, détachées, la laine perd sa structure, sans, pour cela, que les différents éléments cellulaires soient altérés.

2° Les laines gonflées au point iso-électrique sont inattaquées par la pancréatine.

3° L'allure générale du phénomène est en accord avec les observations faites par Stiasny sur la digestion pancréatique du collagène et par Wilson et Merill sur la digestion pancréatique de la kératose.

SÉROLOGIE. — *Bactériophagie et tumeurs filtrables. Réaction de fixation dans le sarcome de Rous.* Note (¹) de MM. **E. Wollman** et **Achille Urbain**, présentée par M. Roux.

Tout en écartant l'hypothèse d'un virus infravisible, l'idée a été émise, de différents côtés, d'une analogie entre les phénomènes en jeu dans la bactériophagie et les tumeurs filtrables. Pour Doerr(²) il s'agirait de toxines, pour Carrel (³) (comme pour Bordet) d'un principe filtrable; pour l'un et l'autre la substance active dériverait des cellules altérées et serait reproduite par les cellules normales qu'elle impressionne.

(¹) Séance du 9 mai 1927.
(²) *Klin. Wochenschrift*, 2, 1923, p. 909.
(³) *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1491.

S'appuyant sur l'ensemble des données relatives à la bactériophagie l'un de nous ([1]) a assimilé les éléments actifs dans ce processus (et, par analogie, dans les tumeurs filtrables) à des facteurs ([2]) héréditaires, c'est-à-dire aux *supports matériels* de caractères nouvellement apparus. De constitution relativement simple ces facteurs seraient doués d'une certaine autonomie; pénétrant dans les cellules normales, ils y reproduisent les caractères dont ils sont porteurs ([3]). Entre autres faits, cette hypothèse s'appuie sur l'étude sérologique de la bactériophagie qui révèle entre les bactéries atteintes et les bactéries normales les mêmes rapports qu'on retrouve entre la forme de départ et la mutante d'une souche bactérienne. A quel point ce rapprochement s'étend-il au sarcome de Rous?

On sait (Rous, Robertson et Oliver) ([4]) que le sérum anti-sarcomateux (d'oie) neutralise le principe causal, alors que le sérum préparé pour le tissu normal de poule est dépourvu d'action. De façon tout à fait superposable, le sérum anti-bactériophage neutralise ce principe (Bordet et Ciuca) ([5]) alors que le sérum préparé avec les bactéries normales est totalement inactif (Bornet et Ciuca, Wollman et Brutsaert).

De même, l'un de nous a montré (avec Goldenberg) ([6]) que le sérum anti-bactériophage très fortement anti-complémentaire en présence de son antigène garde son pouvoir à peu près intact après saturation par les bactéries normales, fait confirmé et étendu par Otto et Winkler ([7]). Au cours des recherches actuelles, des résultats tout à fait analogues ont été obtenus pour le sarcome de Rous.

Un lapin a été préparé par des injections de liquide de broyage de tumeur (sarcome CTI de l'Institut Rockefeller), d'abord par voie intraveineuse (5 injections) ensuite par voie intrapéritonéale (3 injections) et a reçu en tout 45^{cm^3} de liquide de broyage.

Des expériences préliminaires ont montré que le sérum de cet animal fixait fortement l'alexine en présence de son antigène, alors que la réaction était négative en présence de tissu normal de poule (muscle pectoral pré-

---

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, 39, 1925, p. 789.

([2]) En donnant au mot facteur le sens qui s'y attache en génétique.

([3]) Cette conception se trouve développée dans un travail qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

([4]) *Journ. Experim. Medicine*, 29, 1919, p. 305.

([5]) *C. R. Soc. Biol.*, 84, 1921, p. 276.

([6]) *C. R. Soc. Biol.*, 85, 1921, p. 772.

([7]) *Deutsch. Med. Wochenschr.*, 48, 1922, p. 303.

levé en dehors du foyer néoplasique). Ce sérum restait très fortement empêchant après saturation avec le tissu normal et perdait une grande partie de son pouvoir fixateur après saturation par le tissu sarcomateux.

L'expérience suivante précise son pouvoir fixateur en présence de l'un et l'autre antigène. En voici les détails :

La méthode utilisée pour la recherche des anticorps a été celle de Calmette et Massol. L'antigène, dans les deux cas, a été constitué par une émulsion de tissu finement broyé dans de l'eau physiologique laissée à la glacière 24 heures, puis centrifugée, le liquide surnageant étant seul utilisé. Il a été titré avant son emploi et employé à la dose de $0^{cm^3},3$. Le sérum a été chauffé à 60°, cette température ayant été reconnue par l'un de nous [1] indispensable pour faire disparaître les substances anti-complémentaires si fréquentes dans les sérums animaux. Les résultats obtenus, en unités d'anticorps, ont été les suivants :

En présence du tissu cancéreux................	1500 unités [2].
En présence du tissu normal..................	10 »

Ces données montrent que dans le sarcome de Rous, comme dans la bactériophagie, on voit apparaître des fonctions antigènes nouvelles, étrangères aux cellules normales. Au premier abord ce fait est parfaitement compatible avec l'hypothèse d'un virus dont le pouvoir antigène propre viendrait s'ajouter à celui des cellules attaquées. Bordet a fait remarquer, il est vrai, à propos de la neutralisation des bactériophages par les sérums correspondants, que la destruction d'un virus par un sérum chauffé paraît fort improbable, mais cette objection ne porte pas sur le cas du sarcome dans lequel la destruction du virus hypothétique peut se faire dans l'organisme inoculé.

Dans l'un et l'autre cas pourtant, il est bien difficile de mettre sur le compte d'un virus surajouté, les différences énormes de pouvoir fixateur que la réaction de déviation révèle entre les cellules normales et les cellules atteintes. Les faits observés s'expliquent bien mieux par la modification des propriétés antigènes des cellules elles-mêmes, comme on l'observe, par exemple, dans certaines mutations bactériennes.

---

(1) *La réaction de fixation dans la tuberculose* (Masson, 1926).

(2) Mentionnons que le sérum d'une poule infectée expérimentalement avec le sarcome de Rous, a fourni une réaction positive (15 unités d'anticorps) en présence de l'antigène tumeur et une réaction négative en présence de l'antigène tissu normal.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Prophylaxie des trypanosomiases par ingestion du Moranyl* (309 *Fourneau ou* 205 *Bayer*). Note de MM. **C. Levaditi** et **A. Klarenbeek**, présentée par M. Roux.

La prophylaxie des trypanosomiases par administration orale de composés chimiques bien définis, est un problème du plus haut intérêt. L'un de nous (¹) a essayé de le résoudre en s'adressant à des dérivés phénylarsiniques, tels que la tryparsamide, le sel sodique de l'acide acétyllactylmétaaminoparaoxyphénylarsinique et le stovarsol sodique. Les expériences ont montré qu'à l'aide de ces produits, la prophylaxie des trypanosomiases (Nagana) *per os* est possible, mais que l'effet prophylactique ne se manifeste pas au delà du troisième jour, à partir du moment où l'on administre le médicament. Or une prévention ne serait pratiquement efficace que si elle se prolongeait au delà de cette limite, par trop restreinte. Après avoir essayé, sans plus de succès, d'autres composés arsiniques, tels que l'arsanilate, nous avons entrepris l'étude du moranyl (309 Fourneau ou 205 Bayer), et nous avons obtenu, chez le lapin, les résultats qui font l'objet de la présente Note.

Technique. — La technique fut la même que celle utilisée dans nos essais antérieurs : administration *per os* d'une *seule dose* de médicament, puis infection des animaux par voie conjonctivale, au moyen du trypanosome du Nagana, pratiquée à des intervalles variables. Certains lapins ont été inoculés à plusieurs reprises. Enfin chaque expérience de prophylaxie comportait des témoins, lesquels ont constamment contracté la trypanosomiase, tant locale (kérato-conjonctivite) que générale (présence des parasites dans le sang).

Première série. — Sur 8 lapins, infectés 24 *et* 48 *heures*, 3 *jours et* 4 *jours* après l'ingestion de 0g,1 moranyl par kilogramme, 6 sont restés à l'abri de l'infection; leurs organes et leur sang, inoculés à des souris, se sont montrés complètement stériles. Deux lapins se sont infectés : ils avaient ingéré le 309 24 et 48 heures avant l'inoculation.

Deuxième série. — 8 lapins infectés 3, 4, 5 *et* 6 *jours* après l'administration orale de la même dose de médicament, sont tous restés indemnes.

Troisième série. — 8 animaux, inoculés 6, 9 *et* 13 *jours* après l'ingestion de 0g,1

(¹) Levaditi, Nicolau et Galloway, *Bull. de la Société de Pathol. exotique*, 19, 1926, p. 737.

moranyl, n'ont pas contracté la trypanosomiase. Parmi ces lapins, 6 ont été sacrifiés; leurs organes, ainsi que le sang, ont été inoculés à des souris, lesquelles sont restées à l'abri de l'infection. Même résultat dans une *quatrième série*, comportant 4 lapins infectés 17, 24 *et* 39 *jours* après le traitement.

4. *Réinfection.* — Cinq lapins appartenant à la série précédente, ont été réinoculés 23, 38 et 87 jours après l'administration du médicament. Ils ont tous résisté, excepté l'animal infecté le 87e jour; celui-ci a contracté une trypanosomiase décelable par l'inoculation de ses organes à des souris.

5. *Dose efficace.* — Dans une expérience, 7 animaux ont reçu des doses de 309 variant entre 0g,01 et 0g,1 par kilogramme, 48 heures avant l'inoculation. Seuls les lapins traités préventivement avec 0g,05 et 0g,1 moranyl par kilogramme se sont montrés réfractaires. La dose minima préventive pour le lapin est donc de 0g,05 pour 1000 et *per os*.

6. *Petites doses répétées.* — Toutefois on obtient le même effet si l'on administre oralement la dose de 0g,01 pendant 6 jours consécutifs, les animaux étant inoculés 24 heures après la première prise de moranyl (dose inactive en elle-même).

Ces résultats permettent de formuler les conclusions suivantes :

Conclusions. — 1. *Le* moranyl, *administré* per os *au lapin, exerce une action prophylactique profonde et durable à l'égard de la trypanosomiase provoquée par le Tryp. du Nagana. Ingéré à la dose unique de* 0g,1 *par kilogramme, ce dérivé met l'animal à l'abri de l'infection pendant au moins* 39 *jours* (*épreuve unique*), *pendant* 38 *jours* (inoculations répétées). *L'effet prophylactique paraît donc s'effacer entre le* 39e *et le* 87e *jour.*

2. *Sur* 31 *animaux soumis à l'expérimentation, nous n'avons enregistré que deux échecs. Il s'agissait de lapins ayant absorbé le médicament* 24 *et* 48 *heures avant l'inoculation d'épreuve. Il semble donc que la résorption intestinale du* 309 *s'opère avec une certaine lenteur, mais qu'une fois cette résorption effectuée, le principe actif persiste longtemps dans l'organisme, d'où son effet prophylactique durable.*

3. *Des petites doses de moranyl, répétées fréquemment, se montrent efficaces du point de vue prophylactique.*

Des essais comparatifs, faits avec le *Tryp. gambiense,* ayant fourni des résultats analogues, nous estimons que le moranyl devra être essayé dans la prophylaxie orale de la maladie du sommeil chez l'homme.

A 16h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h45m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1926 (*suite*).

Journal de la station agronomique de la Guadeloupe. Pointe-à-Pitre.
Journal de l'industrie chimique (en russe). Moscou.
Journal de pharmacie et de chimie. Paris.
Journal de physique (Le) et le Radium. Paris.
Journal des Observateurs. Marseille.
Journal of Agricultural Research. Washington.
Journal of Geophysics and Meteorology.
Journal of the American Chemical Society. Easton.
Journal of the British Astronomical Association. London.
Journal of Chemical Industry (The) (en russe). Moscou.
Journal of the Chemical Society. London.
Journal of the College of Science. Tokio.
Journal of the Faculty of Science. Tokio.
Journal of the Franklin Institute. Philadelphia.
Journal of the Indian Mathematical Society. Madras.
Journal of the Royal Astronomical Society of Canada. Toronto.
Journal of the Royal Institute of British Architects. London.
Journal of the Royal Microscopical Society. London.
Journal of the Science Association, Maharajah's College. Madras.
Journal of the Society of Dyers and Colourists. Bradford.

Katalog der schweizerischen Landesbibliothek. Bern.
Koninklijk magnetisch en meteorologisch Observatorium te Batavia (Verhandelingen). Batavia.
Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut. Utrecht.
Korrosion und Metallschutz. Berlin.
Kosmos. Société polonaise des naturalistes « Kopernik ». Lwow.
Kronika uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie (Chronique de l'Université Jean Casimir de Lwow). Lwow.
Kungliga Sjoekarteverket Jordmagnetiska publikationer. Stockholm.
Kungliga svenska vetenskaps akademiens arsbock. Stockholm.
Kungliga svenska vetenskaps akademiens Skrifter i Naturskyddsärenden. Stockholm.
Kungliga svenska vetenskaps handlingar. Stockholm.
Kyushu Imperial University Calendar (The). Kyushu.

Latvijas Universitates Raksti. Riga.
Latvijas Universitates Meteorologiskà Instituta darbi (Travaux de l'Institut météorologique de l'Université lettone). Riga.
Library of Congress; report of the librarian of Congress. Washington.
Lick Observatory Bulletin. Berkeley.
Ligue nationale contre le taudis. Études et documents. Paris.
List of members of the British Astronomical Association. London.
List of the geological Society of London. London.

Maandstatistiek van den in-en-uit doorvoer. S'Gravenhage.
Magnetical meteorological and Seismographic observations made at the Government Observatories, Bombay and Alibag. Calcutta.
Marseille médical. Marseille.
Masarykova Akademie Práce. Publications. Prague.
Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse (voir *Beiträge...*).
Meddelanden fran K. Vetenskapsakademiens Nobelinstitut. Stockholm.
Meddelanden från Statens meteorologisk hydrografiska Anstalt. Stockholm.
Mededeelingen van het algemeen proefstation voor den Landbouw. Buitenzorg (Java).
Mededeelingen van het Instituut voor plantenziekten. Buitenzorg.
Medical and scientific archives of the Adelaide hospital. Adélaïde.
Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de médecine de Belgique. Bruxelles.
Mémoires de l'Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse. Toulouse.
Mémoires de l'Académie royale des sciences et des lettres de Danemark. Copenhague.
Mémoires de la Section géologique de la Société des amis des sciences naturelles, d'anthropologie et d'ethnographie. Moscou.
Mémoires de la section ethnographique d°
Mémoires de la section botanique, géographique, physiologique d°
Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle. Genève.
Mémoires de la Société des sciences naturelles du Maroc. Rabat.
Mémoires de la Société géologique de Belgique. Liége.
Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg. Cherbourg.

(*A. suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MAI 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le 12 décembre.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le professeur **Costantino Gorini**, de l'Université de Milan, et à M. le professeur **Vladimir Rostitzin**, Directeur de l'Institut Géophysique de Russie, qui assistent à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 183 (2e semestre 1926) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

MÉTÉORITES. — *Le fer météorique de l'oasis de Tamentit dans le Touat.* Note de M. **A. Lacroix**.

Je suis heureux de signaler à l'Académie l'arrivée au Muséum d'un document d'un très grand intérêt, d'un bloc de fer météorique provenant de l'oasis de Tamentit dans le Touat.

J'ai trouvé, il y a quelques années, dans le récit d'un voyage du Maroc au Touat effectué, en 1864, par G. Rohlfs ([1]), l'indication que cet explorateur, en passant à Tamentit, avait vu dans la kasbah un bloc de fer qu'il

---

([1]) Gerhard Rohlfs, *Tagebuch seiner Reise durch Marokko nach Tuat*, 1864 (*Petermann. Mitteil*, 3, 1865, p. 409).

a supposé être d'origine météoritique. Il n'avait pu l'étudier ni recueillir de renseignements sur son origine.

Pour me documenter sur cette question, je me suis adressé à M. Émile Gautier, si ouvert sur tout ce qui concerne le Sahara; il m'a appris qu'il avait vu lui-même ce bloc dont le commandant Laquière a donné un croquis en 1902 (¹).

M. Boulogne, directeur des Territoires du Sud, a bien voulu faire faire une enquête à ce sujet et faire prendre une photographie de l'échantillon, sur lequel quelques grammes ont pu être prélevés : ils m'ont permis de constater qu'il s'agissait bien là d'un fer météorique. Il était considéré comme un porte-chance, auquel les indigènes attachaient une très grande importance. Des négociations, longues et compliquées, qui ont duré près de deux années, ont été nécessaires pour les amener à consentir à la cession de ce bloc de métal. M. Viollette, Gouverneur général de l'Algérie, a eu la générosité d'en faire l'acquisition et de l'offrir à notre Muséum national.

J'ai été averti, dans le courant de l'an dernier, que cette météorite était à notre disposition ; j'eusse été fort embarrassé de ce cadeau aussi pesant que précieux, gisant dans le désert à plus d'un millier de kilomètres de la côte, si de nouveaux concours dévoués et des moyens de transport perfectionnés nouvellement mis en action dans le Sahara n'étaient venus à notre aide. M. le C[nt] Gierzynski, chef du poste d'Adrar, s'est chargé de transporter la météorite en dehors du ksar de Tamentit et cela n'a pas été une petite affaire, en l'absence de matériel approprié, si l'on en juge par la description de la ville qu'a donnée le commandant Laquière.

« Celle-ci, entourée de très hautes murailles, est percée de trois portes étroites ouvrant sur un fossé de 4^{m} de profondeur et de $2^{m},50$ de largeur. En face de chaque porte, la communication avec le chemin de ronde est faite par un pont en troncs de palmiers qui peut, en cas de danger, être détruit en quelques instants.... Chaque entrée donne sur un passage étroit et obscur, très sinueux, battu de tous côtés par de multiples meurtrières. L'aspect est celui d'une ville de guerre du Moyen Age. Les rues sont tortueuses, très étroites, encaissées, fréquemment coupées de tunnels sombres, dans lesquels on ne circule qu'à tâtons.... C'est au croisement de deux rues, près du lieu habituel de réunion de la Djemaâ que se trouve, profondément enfoui dans le sol, le météorite dont parlent Rohlfs et Deporter. Ce météorite émerge de 40^{cm} environ du sol de la rue, il n'est protégé par rien, les gens et les animaux vont et viennent auprès de lui, mais l'on évite autant que possible de le heurter. »

(¹) *La colonne Servière au Tidikelt, au Touat et au Gourara* (21 mai-18 août 1900). Supplément au *Bulletin du Comité de l'Afrique française* de janvier 1902, p. 21.

Après une première reconnaissance, M. Estienne, directeur de la Compagnie générale transsaharienne, a fait charger la météorite sur une automobile et a effectué gracieusement son transport jusqu'à Colomb-Béchar, tête de ligne des chemins de fer algériens.

Il est possible d'avoir quelques indications sur l'époque de la chute de ce fer météorique. En effet M. Watin, interprète militaire, a découvert dans le Touat un manuscrit arabe non daté ayant pour titre « El Bassit »; dans une note accompagnant la traduction qu'il en a donnée, se lit l'indication suivante (¹) :

« La légende rapporte qu'à l'époque où les Oulad Nesslem, les Oulad Yacoub et les Oulad Daoud occupaient Tamentit, un bloc d'or tomba entre Noum en Nas et Tittaf (²).

» Les habitants se transportèrent immédiatement sur les lieux. Des difficultés s'élevèrent pour le partage, chaque tribu voulut le posséder. Dieu changea le bloc en argent, mais comme les disputes continuaient, il transforma l'argent en une matière qui compose le bloc que l'on voit de nos jours. Ces familles regagnèrent Tamentit et abandonnèrent la « Rouza ». Ce ne fut qu'à l'époque des Oulad Ali ben Moussa et sur l'ordre du cheikh Amr' que le météorite fut transporté à Tamentit et placé devant la porte de la mosquée. »

On ne trouve là aucune indication de date, mais une donnée est fournie par l'ouvrage d'un autre interprète militaire, M. A.-G.-P. Martin (³), qui a recueilli des souvenirs oraux indigènes; il y situe le cheikh Amr' de Tamentit entre les années 1392 et 1413; le contexte mentionne aussi les Ouled Nesslem.

La météorite aurait donc été portée à Tamentit vers la fin du XIVᵉ siècle et serait tombée quelques années auparavant. Il en résulte que c'est la plus ancienne chute repérée, sinon exactement datée, d'un fer météorique recueilli.

Le fer, dit de Caille (⁴) (Var), est tombé aux alentours de 1600 sur la Montagne de l'Audibergue, dans la commune d'Andou, limitrophe de Caille; celui de Hraschina, en Croatie, le 26 mai 1751; c'est là la pre-

---

(¹) *Bull. Soc. géogr. d'Alger et de l'Afrique du Nord*, 10, 2ᵉ trimestre, 1905, p. 233.

(²) Noum en Nas se trouve à environ 12^{km}, Tittaf à environ 40^{km} au sud-sud-est de Tamentit.

(³) *Les oasis sahariennes*, Paris, 1908, p. 115.

(⁴) Il a été trouvé en 1828 par Brard et envoyé au Muséum.

mière date véritablement précise qui ait été enregistrée pour un fer météorique [1].

Le fer de Tamentit, du poids de 510^{kg}, a la forme d'un bouclier bosselé, limité par une surface bombée couverte de nombreux piézoglyptes et une surface opposée légèrement concave, creusée de piézoglyptes plus grands et plus profonds. Sa section est grossièrement carrée et mesure 0^{m},77 suivant ses diagonales; la plus grande épaisseur est de 0^{m},44.

La surface bombée qui était vraisemblablement la surface antérieure lors de la course de la météorite, a été polie par les attouchements des Berbères et elle possède l'éclat métallique : la surface postérieure, qui a reposé sur le sol pendant tant d'années est recouverte d'un léger enduit oxydé noirâtre.

Un examen préliminaire montre qu'il s'agit d'un fer pauvre en nickel, appartenant structuralement au groupe des *ataxites*, mais l'examen métallographique ayant été fait sur une esquille détachée de la surface, cette indication pourrait n'être que provisoire. L'étude d'une section un peu profonde, qui va être pratiquée sur une des indentations du bloc, permettra, en effet, de savoir si cette structure résulte ou non de la transformation d'une structure octaédrique originelle sous l'influence du réchauffement de la météorite au cours de sa traversée de l'atmosphère terrestre.

MÉCANIQUE. — *Sur l'équipartition de l'énergie.* Note de M. L. **Lecornu**.

Le principe de l'équipartition de l'énergie, tel qu'on l'entend ordinairement en physique moléculaire, concerne l'égalité statistique des énergies cinétiques correspondant aux divers degrés de liberté du système (formé d'un nombre immense de molécules) que l'on se propose d'étudier. Mais, ainsi que l'a fait remarquer M. J. Perrin [2], il peut parfois s'étendre à l'énergie potentielle : on constate par exemple que, pour chaque oscillation du pendule ordinaire, la valeur moyenne de l'énergie potentielle est égale à celle de l'énergie cinétique. Cette égalité n'est plus une question de statistique. Je me place ici à ce point purement mécanique.

Observons d'abord que l'énergie potentielle n'est définie qu'à une constante près, et que celle-ci peut toujours être choisie de façon à obtenir,

---

(1) La première météorite pierreuse qui ait été conservée est celle d'Ensisheim (Alsace); elle date du 16 novembre 1492.

(2) *Les atomes*, Note concernant l'article 43.

pour un mouvement déterminé, l'égalité des deux sortes d'énergie. Quand il s'agit d'un système oscillant autour d'une position d'équilibre stable, il est naturel de convenir que le potentiel est nul dans cette position d'équilibre. L'équipartition se vérifie ainsi pour le pendule, mais à condition de se limiter aux oscillations infiniment petites : quand l'énergie totale augmente, la valeur moyenne du potentiel croît plus vite que celle de l'énergie cinétique. D'une façon générale, la théorie classique des petits mouvements montre que, pour chacun des mouvements simples composants, l'équipartition n'est assurée, au cours d'une période, que pour le cas d'une énergie totale infiniment petite. Ajoutons que les énergies cinétiques moyennes de ces divers mouvements simples sont indépendantes. Pour le mouvement résultant de la superposition des mouvements simples (dont les périodes peuvent être incommensurables entre elles), l'équipartition des énergies moyennes, cinétique et potentielle, relatives à un certain intervalle de temps tend, au même degré d'approximation, à se vérifier à mesure que croît cet intervalle.

Voici maintenant un problème dans lequel l'équipartition se présente d'une façon assez différente. Considérons un mouvement planétaire, c'est-à-dire le mouvement d'un point matériel soumis à l'attraction newtonienne d'un centre fixe et faisons, pour simplifier l'écriture, la masse de ce point égale à l'unité. Soient r la distance au centre et k la constante de l'attraction. Le potentiel U est, avec une constante arbitraire C, égal à $C - \frac{k}{r}$.

En fonction de la vitesse v l'énergie cinétique est $T = \frac{v^2}{2}$. On a d'ailleurs, d'après une formule connue, a étant le demi-grand axe,

$$v^2 = k\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right). \tag{1}$$

La durée τ de la révolution est liée à a par la troisième loi de Képler.

Appliquons à une trajectoire complète le principe de Hamilton. D'après ce principe, si, prenant un point déterminé P de cette trajectoire comme point de départ et comme point d'arrivée, on la déforme infiniment peu et si t est à un instant quelconque la valeur du temps, la variation de l'intégrale $I = \int_0^\tau (T - U)\,dt$ est infiniment petite du second ordre. I a donc même expression pour toutes les orbites qui, passant en P, possèdent même période et, par conséquent, même longueur de grand axe. Cette expression

est

$$I=\int_0^\tau\left[k\left(\frac{2}{r}-\frac{1}{2a}\right)-C\right]dt=2k\int_0^\tau\frac{dt}{r}-\left(C+\frac{k}{2a}\right)\tau.$$

Les variables r, t étant liées à l'anomalie excentrique u par les équations

$$r=a(1-e\cos u),\qquad 2\pi\frac{t}{\tau}=u-e\sin u,$$

où e désigne l'excentricité, on a

$$\frac{dt}{r}=\frac{\tau}{2\pi a}du,\qquad \text{d'où}\qquad \int_0^\tau\frac{dt}{r}=\frac{\tau}{a},$$

et il vient ainsi

$$I=\left(\frac{3k}{2a}-C\right)\tau. \tag{2}$$

Si donc on attribue à C la valeur $\frac{3k}{2a}$, l'équipartition se trouve rigoureusement réalisée pour toutes les orbites dont le grand axe est de longueur a.

Avec une attraction proportionnelle à r on reconnait immédiatement que la condition générale d'équipartition est que le potentiel s'annule au centre, position d'équilibre stable.

Rappelons au surplus que l'attraction newtonienne et l'attraction proportionnelle à la distance sont les seules qui donnent toujours des trajectoires fermées.

Dans le cas d'un électron circulant autour d'un noyau positif, il peut y avoir lieu d'adjoindre à la force centrale une force, d'origine électromagnétique, perpendiculaire à la vitesse. Soit $2\lambda v$ la grandeur de cette seconde force. Son moment par rapport au centre est $2\lambda r\frac{dr}{dt}$. En admettant la constance de λ et appelant θ l'angle polaire, le théorème des aires s'exprime par la relation

$$r^2\left(\frac{d\theta}{dt}-\lambda\right)=A\qquad (A=\text{const.}).$$

Substituons aux axes fixes des axes tournant autour du centre dans un sens convenable avec la vitesse λ, et soit alors $\varphi=\theta-\lambda t$ l'angle polaire. Il vient

$$r^2\frac{d\varphi}{dt}=A. \tag{3}$$

D'autre part, le travail de la force $2\lambda v$ étant nul, le théorème des forces

vives fournit l'équation

$$v^2 - \frac{2k}{r} = h \qquad (h = \text{const.}). \tag{4}$$

La vitesse relative v' est liée à la vitesse absolue v par l'équation

$$v^2 = v'^2 + 2\lambda r^2 \frac{d\varphi}{dt} + \lambda^2 r^2 = v'^2 + 2\lambda A + \lambda^2 r^2.$$

Si donc λ est assez petit pour que l'on puisse négliger son carré, on a

$$v'^2 - \frac{2k}{r} = h' \qquad (h' = h - 2\lambda A). \tag{5}$$

Les équations (3) et (5) sont de même forme que pour le mouvement planétaire rapporté à des axes fixes, en sorte que, pour le mouvement relatif, l'équipartition subsiste, mais seulement dans la mesure où il est permis de regarder λ comme étant une constante très petite. Il en est de même avec l'attraction proportionnelle à la distance.

CRYPTOGAMIE. — *Sur le gamétophyte d'une Algue phéosporée* (Nereia filiformis *Zan.*). Note [1] de M. C. **Sauvageau**.

J'ai montré récemment [2] qu'une Phéosporée asexuée, le *Carpomitra Cabreræ* Kütz., est le sporophyte d'une plante sexuée microscopique, jusqu'alors inconnue. L'alternance des générations y est très nette. Comme il était à prévoir que les autres Sporochnacées possèdent une semblable alternance des générations, cette famille, fort naturelle par ailleurs, mérite de constituer un groupe de degré taxinomique plus élevé, les Sporochnales.

N'ayant pu encore obtenir le *Sporochnus* qui vit dans l'Océan sur les rochers profonds, je me suis adressé, pour continuer cette étude, au *Nereia* de la Méditerranée. J'en ai reçu à Guéthary (Basses-Pyrénées) trois envois du Laboratoire de Villefranche-sur-Mer (Alpes-Maritimes), les 28 mai, 7 août et 21 août 1926; les thalles me parvenaient en assez bon état quant aux cellules végétatives et aux fils colorés, mais les sporanges supportaient si mal le voyage que les deux premiers envois ne me fournirent aucune

---

(1) Séance du 16 mai 1927.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 361, et *Bulletin de la Station biologique d'Arcachon*, **23**, 1926, p. 141.

déhiscence et que le troisième m'a procuré seulement un petit nombre de zoospores; puis le développement fut très lent et les Diatomées gênèrent l'observation. Par suite, mon étude du *Nereia* est moins complète que celle du *Carpomitra;* elle nous apprend néanmoins plusieurs faits intéressants pour l'histoire générale du groupe.

Comme chez le *Carpomitra*, les zoospores renferment un unique chromatophore et la germination de l'embryospore produit un tube très étroit dont l'extrémité distale renflée sera l'origine du prothalle. Ici encore, l'embryospore périt souvent après formation de l'ébauche du prothalle. Tandis que les cellules prothalliennes du *Carpomitra* renferment un chromatophore déchiqueté, d'aspect tellement différent des multiples chromatophores discoïdes du thalle normal que, si l'on ne voyait le proembryon du sporophyte naître sur le gamétophyte, on croirait avoir affaire à deux plantes sans parenté entre elles, il en est autrement chez le *Nereia* où les deux tronçons possèdent des chromatophores discoïdes identiques.

Les prothalles, généralement dioïques et protandres, sont réduits à quelques cellules. Les prothalles mâles portent de nombreuses anthéridies en forme de fiole, comme celles des Laminaires et du *Carpomitra;* toutefois, au lieu d'être simples, elles sont toujours divisées en deux logettes superposées à déhiscence indépendante. Les prothalles femelles sont légèrement plus larges; ils n'émettent pas d'oosphère libre et leur cellule terminale se comporte, comme chez le *Carpomitra*, à la manière d'un oogone apogame. Par suite de la similitude des chromatophores, je n'ai pu voir à quel moment précis s'effectue la transformation, et le filament primitif ou proembryon, continue directement le prothalle. Le sporophyte proprement dit apparaît aux dépens d'une cellule inférieure de ce filament primitif, et la portion de celui-ci, que j'ai nommée pédicelle, est parfois si courte qu'elle semble manquer. Les plantules obtenues correspondent aux premiers états qu'Oltmanns a figurés d'après Kuckuck ([1]), mais l'interprétation, on le conçoit, en est tout autre.

L'identité des chromatophores du gamétophyte et du sporophyte, la brièveté du pédicelle du sporophyte permettent de considérer le *Nereia* comme un type moins différencié que le *Carpomitra*. Comparant les Sporochnales aux Cutlériales, on pourrait dire que, sous ces rapports, le *Nereia* est au *Carpomitra* ce que le *Zanardinia* est au *Cutleria*.

([1]) *Morphologie und Biologie der Algen*, Iéna, 2, 1922, fig. 339, p. 47.

MICROBIOLOGIE. — *Étude comparative de quelques virus récurrents, pathogènes pour l'homme.* Note de MM. Charles Nicolle et Charles Anderson.

Nous avons étudié comparativement quatre virus récurrents, pathogènes pour l'homme : virus récurrent mondial (souches tunisiennes), espagnol (souche de Buen), de la fièvre des tiques ou Dutton (Mesnil), de la musaraigne (Mathis).

I. Au point de vue de l'évolution des infections qu'ils déterminent, on remarque que :

Chez le rat et la souris, les virus espagnol, Dutton et musaraigne provoquent, par toutes voies (y compris la conjonctivale), des infections sans fièvre, caractérisées par des accès où les spirochètes sont visibles et nombreux dans le sang. Ces accès sont séparés par des intervalles sans spirochètes, mais où le sang reste virulent. Il le demeure encore 10 jours en moyenne après la dernière constatation de spirochètes. La durée de la maladie expérimentale ne paraît pas dépasser 36 jours. L'incubation est d'autant plus courte et le nombre des accès d'autant moindre que la dose inoculée de virus est plus forte. Le virus Dutton est le plus pathogène, l'espagnol le moins. A ce point près, évolution identique des infections et conservation indéfinie possible des trois virus par passages. Au contraire, le virus mondial ne donne que des infections éphémères sans rechutes; virus difficile à conserver.

Chez le cobaye, le virus mondial se comporte de même. Les virus Dutton et musaraigne donnent des infections d'une durée allant jusqu'à quatre semaines avec virulence du sang; mais présence, rarement constatée, de spirochètes exceptionnels. L'infection par le virus espagnol est une récurrente à accès fébriles où les spirochètes sont nombreux dans le sang.

Chez le lapin et chez *Meriones Shawi,* les virus espagnol, Dutton, musaraigne donnent des infections de même durée que chez le cobaye, sans fièvre, à spirochètes rarement visibles ou même non présents (cas du virus espagnol chez le mérion). Infection éphémère, mais à spirochètes nombreux avec le virus mondial.

Chez le singe, fièvres récurrentes (la moins récurrente est la mondiale). *Chez l'homme,* fièvres récurrentes avec spirochètes fréquemment présents et nombreux dans les récurrentes espagnole et mondiale, rares dans la fièvre des tiques, absents à l'examen direct dans l'infection par virus de la musaraigne.

II. Au point de vue des immunités conférées :

Les infections à virus espagnol, Dutton et musaraigne confèrent, vis-à-vis du virus inoculé, une immunité de 3 mois, même aux espèces chez lesquelles les spirochètes sont rares ou absents. Dans les mêmes conditions, le virus espagnol ne vaccine pas contre les deux autres ni les deux autres contre le virus espagnol; tandis que le virus Dutton vaccine toujours contre le virus musaraigne et le virus musaraigne souvent contre le Dutton.

Le virus mondial vaccine généralement le singe contre lui-même pour une durée de 3 mois; il ne le vaccine pas contre l'espagnol.

III. Au sujet du mode de transmission :

Nous savons que le virus mondial est transmis par les poux, non par les ornithodores; le Dutton par *O. moubata*, non par poux; l'espagnol par *O. marocanus*, par poux et peut-être par *O. Savignyi*.

Nous ignorons le mode de transmission naturel du virus musaraigne. Le rôle d'autres transmetteurs n'est pas démontré; mais la question reste à l'étude.

IV. Conclusions. — Les quatre virus étudiés se classent en trois groupes :

1° Virus récurrent mondial.

2° Virus espagnol, intermédiaire entre le précédent virus et les suivants.

3° Virus de la fièvre des tiques et de la musaraigne. Il est intéressant de constater la parenté intime, sinon l'identité, du virus d'une maladie humaine du centre de l'Afrique et d'un virus qu'on rencontre sur un insectivore de la côte du Sénégal.

M. **Alfred Lacroix** fait hommage à l'Académie du *Discours prononcé* par lui *à la séance générale d'ouverture du Congrès du cinquantenaire de l'Association française pour l'avancement des sciences* (1926).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Boutaric. *Marcelin Berthelot*, 1827-1907. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

2° Ch. Doyère. *Théorie du navire*.

3° G. Passelègue. *Les Concasseurs à Noix de Palme*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de polynomes.* Note de M. GASTON JULIA.

J'ai indiqué antérieurement (1) quelques propriétés remarquables d'une classe de polynomes $\Pi_n(z)$ relatifs à un domaine D simplement connexe, borné, contenant l'origine. Parmi tous les polynomes P_n de degré $\leqq n$ pour lesquels $P_n(0)=0$, $P'_n(0)=1$, Π_n est celui pour lequel le *maximum de la valeur absolue dans* D *est le plus petit possible*. Voici de nouvelles propriétés de ces polynomes Π_n, relatives à l'approximation de D par des domaines intérieurs ou extérieurs.

1. Supposons que D soit un domaine satisfaisant aux conditions requises (voir les deux Notes indiquées ci-dessus) pour que Π_n, lorsque n devient infini, tende vers la fonction $f(z)$ fournissant la représentation conforme de D sur un cercle (2). On peut toujours trouver dans D une suite de domaines $D_1, D_2, \ldots, D_p, \ldots$, simplement connexes, limités par des contours formés d'arcs analytiques, tels que chaque D_p soit contenu dans les suivants, et tels que $\lim_{p=\infty} D_p = D$. On appellera $\Pi_{n,p}$ le polynome de degré n analogue à Π_n, mais relatif au domaine D_p et $m_{n,p}$ le maximum de $|\Pi_{n,p}|$ dans D_p.

On a

$$m_{n,p} \geqq m_{n+1,p} \quad \text{et} \quad m_{n,p} < m_{n,p+1}.$$

D'autre part, $\lim_{n=\infty} m_{n,p} = \rho_p$, rayon de l'aire D_p et $\lim_{n=\infty} \Pi_{n,p} = f_p(z)$ qui représente D_p sur $|Z| < \rho_p$.

On a aussi $\lim_{p=\infty} m_{n,p} = m_n$, m_n étant le maximum de $|\Pi_n|$ dans D et, uniformément dans tout domaine borné : $\lim_{p=\infty} \Pi_{n,p} = \Pi_n(z)$. A cause des inégalités $m_p > m_{p,p} \geqq \rho_p$ et $m_p \geqq \rho > \rho_p$, on voit que $|m_{p,p} - \rho| < m_p - \rho_p$ et, puisque $\lim_{p=\infty} m_p = \lim_{p=\infty} \rho_p = \rho$, on a $\lim_{p=\infty} |m_{p,p} - \rho| = 0$.

On en déduit que, dans tout domaine Δ intérieur à D, $\Pi_{p,p}(z)$ *converge uniformément vers* $f(z)$. On peut donc remplacer la suite des polynomes Π_n par celle des polynomes $\Pi_{p,p}$ relatifs à des domaines D_p, intérieurs, tendant vers D et *dont la détermination pourra être plus facile que celle des* Π_p. La

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 10, et **184**, 1927, p. 1107.

(2) Ces conditions sont satisfaites en particulier si D est l'intérieur d'une courbe de Jordan fermée simple.

convergence des $\Pi_{p,p}$ vers f est de l'ordre de $m_p - \rho_p = (m_p - \rho) + (\rho - \rho_p)$; $m_p - \rho$ réglait la convergence des Π_p vers f, et $\rho - \rho_p$ règle celle des D_p vers D. L'étude des $\Pi_{n,p}$ pour n fixe et p variable se fait aisément en notant qu'ils forment alors une famille *également continue*.

2. On a des circonstances analogues si D_p contient tous les domaines D_{p+1}, D_{p+2}, ..., et tend vers D pour $p = \infty$. Avec les mêmes notations que précédemment on aura

$$m_{n,p} > m_{n,p+1} \quad \text{et} \quad m_{n,p} \geqq m_{n+1,p}; \qquad \lim_{n=\infty} m_{n,p} = \rho_p; \qquad \lim_{p=\infty} m_{n,p} = m_n;$$

et, dans tout domaine Δ intérieur à D : $\lim\limits_{n=\infty} \Pi_{n,p} = f_p(z)$; $\lim\limits_{p=\infty} \Pi_{n,p} = \Pi_n(z)$ [cette dernière limite est valable dans tout le plan]. On en déduit aisément

$$\lim_{n=\infty} m_{n,n} = \rho \qquad \text{et, dans } \Delta, \qquad \lim_{n=\infty} \Pi_{n,n} = f(z).$$

En effet, pour ν choisi assez grand, on aura $\rho_\nu - \rho < \varepsilon$; ν étant ainsi choisi fixe, on a, pour p assez grand et $> \nu$, $(m_{p,\nu} - \rho_\nu) < \varepsilon$, c'est-à-dire $(m_{p,\nu} - \rho) < 2\varepsilon$; or, p étant $> \nu$, on aura $m_{p,\nu} > m_{p,p} > \rho$, c'est-à-dire $(m_{p,p} - \rho) < 2\varepsilon$, et comme $m_{p,p} > m_{p-1,p+1} > \ldots > \rho$, l'inégalité $(m_{n,n} - \rho) < 2\varepsilon$ sera vérifiée pour tout $n > p$.

3. La méthode du n° 2 permet d'étudier la suite des Π_n *lorsque* O *est un point frontière de* D, toutes les autres conditions indiquées au début du n° 1 étant remplies. Π_n est toujours la limite de $\Pi_{n,p}$ pour $p = \infty$. Les rayons ρ_p des D_p *tendent vers zéro*, le noyau des domaines D_p relatif à O se compose du seul point O. Dans ce qui précède (n° 2) il faut supposer $\rho = 0$. On a encore $\lim\limits_{n=\infty} m_{n,p} = \rho_p$; $\lim\limits_{p=\infty} m_{n,p} = m_n$. De plus, $m_n < m_{n,p} = (m_{n,p} - \rho_p) + \rho_p$. ε étant donné, on aura, pour $p > p_0$, $\rho_p < \varepsilon$; p étant ainsi fixé, on aura, pour n assez grand, $m_{n,p} - \rho_p < \varepsilon$. Donc pour $n > n_0$ on aura $m_n < 2\varepsilon$. Donc $\lim\limits_{n=\infty} m_n = 0$. Les polynomes $\Pi_n(z)$ *tendent alors uniformément vers zéro dans tout* D, *frontière comprise*, sans qu'il en soit de même de leurs dérivées sur la frontière, car on a toujours $\Pi'_n(0) = 1$.

4. La même méthode s'applique lorsque D est un *continu borné quelconque, sans point intérieur, auquel appartient l'origine*. La définition et l'existence des Π_n se traitent comme pour les domaines D. Lorsqu'on peut faire l'approximation de D par des domaines D_p emboîtés, simplement connexes, et tendant vers D pour $p = \infty$, on démontre, comme au n° 3, que Π_n *tend uniformément vers zéro sur* D. Lorsque D se compose du segment $(-1, +1)$ de l'axe réel, la détermination des Π_n est aisée : en posant $z = \sin u$, on a $\Pi_{2n+1} = \Pi_{2n+2} = \frac{1}{2n+1} \sin(2n+1)u$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété d'invariance du groupe des transformations de contact et les transformations de certaines équations aux dérivées partielles du deuxième ordre à n variables indépendantes.* Note de M. G. CERF, présentée par M. Goursat.

1. Soient $x_1, x_2, \ldots, x_n, z, p_1, p_2, \ldots, p_n$ les coordonnées de l'élément du premier ordre dans un espace à $n+1$ dimensions et q fonctions distinctes $f_1, f_2, \ldots, f_q$ de ces coordonnées. On sait que ces fonctions définissent un groupe, au sens de la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre, moyennant les deux conditions suivantes : 1° les rapports des crochets mutuels de ces fonctions s'expriment au moyen de $f_1, \ldots, f_q$; 2° si l'on désigne par W l'inverse du crochet de deux des f qui ne sont pas en involution, l'expression $[W, f_i] - W\frac{\partial f_i}{\partial z}$ s'exprime aussi, quel que soit i, au moyen des f seulement. L'ensemble des deux propriétés ainsi définies est invariant par rapport à une transformation de contact quelconque; mais la première propriété à elle seule jouit de cette invariance et si elle est vérifiée sans que la seconde le soit nécessairement, nous dirons que les f définissent une famille de fonctions.

Il est remarquable que les conditions qui expriment que les fonctions f forment une famille entraînent un grand nombre de celles qui expriment en outre que les fonctions définissent un groupe. Si l'on cherche à déterminer les familles de plus de trois fonctions, on constate que celles qui ne jouissent pas de toutes les propriétés de groupe contiennent une sous-famille de $q-1$ fonctions qui constitue un groupe involutif; le problème s'achève alors aisément.

Nous ne donnons qu'un exemple où $n=3$, $q=5$: les fonctions x_1, x_2, x_3, z et $\frac{p_1}{p_2+z}$ forment une famille et non un groupe.

2. Les familles de $q=n+2$ fonctions interviennent dans la question suivante relative aux équations aux dérivées partielles du second ordre à n variables indépendantes. Nous nous placerons dans le cas où $n=3$. A un élément du premier ordre x, z, p, nous faisons correspondre une hypersurface à trois dimensions par la relation

$$Z = F(X_1, X_2, X_3; x, z, p). \qquad (1)$$

A une hypersurface (s) nous faisons correspondre, en général, l'enve-

loppe S des $\infty^n \Sigma$ correspondant à ses différents éléments. Considérons l'équation du second ordre (θ) obtenue par l'élimination de X_1, X_2, X_3, entre les relations (2) et (3),

$$(2) \qquad F_i = \frac{dF}{dx_i} = 0 \qquad (i = 1, 2, 3),$$

$$(3) \qquad \frac{D(F_1, F_2, F_3)}{D(X_1, X_2, X_3)} = 0.$$

Cette équation (θ) admet deux familles de caractéristiques à une dimension, qui sont en général du second ordre; elle n'est pas la plus générale de cette espèce.

Soit (s') une intégrale de (θ); les formules de la transformation indiquées pour (s) ne s'appliquent pas à (s'); on peut toutefois, en général, faire correspondre à (s') une hypersurface S' « osculatrice » aux Σ correspondant aux éléments de (s'). Il peut se faire que les hypersurfaces (S') transformées de toutes les intégrales de (θ) satisfassent à une équation du deuxième ordre (Θ). Cette dernière équation admet deux familles de caractéristiques à une dimension; celles d'une famille au moins sont du premier ordre. A toute solution de Θ correspondent, en général, des intégrales de (θ) solutions de deux équations du premier ordre en involution.

3. On constate que l'équation Θ existe lorsque la fonction F dépend des x, z, p par l'intermédiaire de cinq fonctions qui forment une famille.

Une solution évidente est celle où les cinq fonctions f représentent les invariants communs à deux transformations infinitésimales de contact permutables. En dehors de ce cas il existe deux solutions d'espèce différente :

1° Les fonctions f forment un groupe et par une transformation de contact quelconque on peut se ramener au cas où elles sont z, x_1, x_2, p_1, p_2;

2° Les fonctions f, par une transformation de contact, peuvent être amenées à être z, x_1, x_{-1}, x_3 et une fonction convenablement choisie des x, z, p, par exemple : $\frac{p_1}{p_2+z}$. On obtient alors une des généralisations possibles du problème de Bäcklund.

Les considérations précédentes s'appliquent quel que soit n, mais pour $n = 2$ elles ne donnent aucun résultat nouveau; elles suggèrent quelques problèmes sur les systèmes de Pfaff.

RELATIVITÉ. — *Une explication nouvelle du résultat négatif de l'expérience de Michelson et Morley.* Note de M. **Corps**, présentée par M. Ch. Lallemand.

L'expérience de Michelson et Morley, celles de Miller, et les récentes expériences de Piccard et Stahel et de Kennedy ont donné des résultats peu concordants et difficiles à dégager d'écarts d'observation souvent plus grands que l'effet principal constaté. Incidemment, on remarque dans les expériences de Miller, que cet effet est dû en partie à une cause qui n'est certainement pas d'origine cosmique, mais qui pourrait être une action du champ magnétique terrestre sur la vitesse de la lumière.

On peut cependant conclure de ces expériences que si le mouvement total de la Terre donne un effet réel, cet effet est très inférieur à celui qu'on pourrait attendre d'après les théories classiques.

Laissant de côté le principe de la Relativité qui n'est qu'une idée métaphysique, le résultat négatif ou quasi négatif de ces expériences a été expliqué par des causes physiques, soit par la contraction dite de Lorentz, soit par un entraînement presque total de l'éther à la surface de la Terre. Certains physiciens considéraient cet entraînement comme dû à une sorte de frottement exercé par les particules de l'atmosphère terrestre sur celles de l'éther. Mais, dès 1845, Stokes avait admis une condensation très forte de l'éther à la surface du globe, qu'il attribuait à une action de gravitation, et d'où résultait une immobilité presque complète de l'éther relativement à la Terre.

Il semble qu'on peut faire une autre hypothèse, qui, à certains égards, paraît se rapprocher de celle de Stokes, mais au fond en est très différente. Ce n'est sans doute qu'une image, comme toutes les hypothèses, mais elle représente bien les faits connus, et permet d'en prévoir une autre, qui est à vérifier.

La condensation de l'éther aurait lieu, non pas autour et à l'extérieur du globe terrestre, mais à l'intérieur ou au contact immédiat de chaque atome matériel, elle ne serait pas l'effet, mais la cause de la gravitation.

L'éther se comporterait comme une substance d'une structure continue, quoique parfaitement perméable à la matière, susceptible de s'étirer dans un sens, en se contractant dans un autre (ce qui est le cas d'une bande de caoutchouc) n'admettant aucune solution de continuité.

Supposons un corps matériel sphérique, tel qu'une planète, créé subitement dans un éther immobile et homogène. Il va condenser à son intérieur un volume d'éther supérieur au sien, et par suite, en dehors du corps, et jusqu'à l'infini, les couches sphériques vont se rapprocher du centre, se contractant en diamètre et augmentant d'épaisseur.

En raison de la symétrie, les tensions ou pressions développées dans l'éther se font équilibre. Mais si deux masses se trouvent en présence, la résultante de ces tensions tend à les rapprocher. C'est la force de gravitation. Mais nous n'étudierons pas ici ce côté de la question.

Supposons maintenant que la planète se déplace dans l'éther. L'afflux d'éther se produit à chaque instant vers un centre variable. On voit facilement que les couches planes normales à la trajectoire s'infléchissent vers la planète à son approche, la suivant dans son mouvement quand elles sont atteintes, mais avec une vitesse moindre que celle de la planète, puis reviennent à leur position normale quand elles ont été dépassées.

De là résulte une perturbation du mouvement relatif de l'éther et de la planète. La grandeur de l'effet dépend de la variation de densité de l'éther dans les couches extérieures au globe solide, dont nous ne pouvons pas connaître la loi *a priori*. Entre les cas extrêmes, densité constante ou épaisseur constante d'une couche dont le diamètre se contracte, admettons le cas moyen où la densité et l'épaisseur varient simultanément, et chacune en raison inverse du rayon, ce qui satisfait à la condition de conservation de la quantité totale.

Le calcul nous montre que, dans ce cas, la composante horizontale du vent d'éther, maxima aux points pour lesquels l'apex est à l'horizon, est égale à la vitesse totale de la Terre, réduite dans un rapport $\frac{1}{K}$ qui d'après le résultat des expériences doit être au plus égal à $\frac{1}{3}$, mais que, par contre, la composante verticale, maxima aux points pour lesquels l'apex est au zénith ou au nadir, est égale à la vitesse de la Terre, multipliée par le même rapport K au moins égal à 3.

Le maximum de la composante verticale serait 9 fois au moins plus grand que celui de la composante horizontale, et comme le déplacement des franges d'interférence est proportionnel au carré du vent d'éther, on peut espérer des résultats 80 fois plus grands que ceux que Miller dit avoir obtenus.

La vérification de cette hypothèse est donc relativement facile. Les détails de l'expérience sont à étudier, mais il semble qu'il serait avantageux

d'employer un appareil fixe avec un bras vertical et un bras horizontal, le déplacement résultant de la rotation de la Terre. Le déplacement des franges serait enregistré par photographie.

MAGNÉTISME. — *Bruissement dans l'aimantation du fer.* Note [1] de M. **W. Arkadiew**, transmise par M. P. Weiss.

M. Barkhausen a découvert, en 1919, que quelques échantillons de fer présentent une marche discontinue de l'aimantation, qui se révèle par des bruissements dans le téléphone, relié à la bobine qui entoure l'échantillon à étudier. Étant donné que l'aimantation est accompagnée de déformations du corps (magnétostriction), on peut s'attendre à des déformations discontinues à l'aimantation et ces déformations peuvent être accompagnées de phénomènes acoustiques, perçus directement par l'oreille. J'ai réussi à découvrir ce phénomène acoustique direct d'une manière très simple.

a. Un morçeau de fil de fer de $0^{mm},5$ de diamètre et de 40^{mm} de longueur est soudé à un diaphragme de cuivre fixé dans un verre. On applique ce dernier à l'oreille; auprès oscille, suspendu à un fil tordu, l'aimant en fer à cheval. A chaque nouvelle aimantation, dans le champ tournant de l'aimant, on entend dans le verre un bruissement caractéristique [2] parfaitement identique au bruissement de Barkhausen dans le téléphone, observé par l'ancien moyen décrit plus haut.

b. Ce bruit s'obtient aussi avec une mince plaque de fer de $25\text{-}50^{\mu}$ d'épaisseur [3] fixée dans le verre ou dans une éprouvette; il s'obtient également avec une plaque épaisse à condition qu'on en aproche les pôles d'un aimant permanent; il est encore plus simple d'opérer en faisant tourner un aimant vers le diaphragne d'un téléphone simple indépendant de tout fil.

c. Il est possible que ce bruissement se manifeste aussi dans la transmission téléphonique, en altérant les sons transmis. En tout cas, ce bruissement s'observe au changement continu du courant dans le téléphone. L'intensité maximum du courant doit être de 0,3 ampère à 8 milliampères, suivant la résistance du téléphone, 2100 et 5 ohms.

---

(1) Séance du 9 mai 1927.

(2) Ce bruissement est devenu plus intense quelques semaines après le montage de l'appareil.

(3) La plaque doit être d'une propreté parfaite car une mince couche de cire étouffe le bruissement. Elle ne doit pas être courbée très fort ou enroulée.

d. Ces phénomènes acoustiques accompagnant l'aimantation sont particulièrement forts si l'on agit sur une substance possédant l'effet de Barkhausen extrêmement marqué qu'a découvert M. Forrer pour le nickel. Le fil de nickel de $0^{mm},2$ de diamètre, préparé selon la méthode de M. Forrer [1], est fixé par un bout au fond du verre, l'autre bout est soudé pendant qu'il est tendu par l'ouverture au centre du diaphragme fixé à l'intérieur du verre. Dans le champ magnétique tournant, le fil de nickel produit deux craquements sonores par période de rotation de l'aimant.

e. Si le fil n'est pas tendu, les chocs sont plus forts, car l'aimantation des fils dans le champ magnétique provoque un déplacement transversal (tressaillement) accompagné d'un plus fort dégagement d'énergie que lorsque le fil est fortement tendu et ne peut que se dilater et se comprimer.

f. Un changement si brusque des forces pondéromotrices dans le champ magnétique des corps possédant l'effet de Forrer peut être démontré de la manière suivante. Un tube capillaire renfermant un fil de nickel de $0^{mm},47$ [2] est fixé à un petit ressort dans une position horizontale; au-dessous, un peu plus bas, est fixé un autre capillaire renfermant un fil de fer ou de nickel recuit. L'aimant en fer à cheval qui tourne au-dessus aimante les deux fils et les attire successivement. En même temps que le capillaire situé plus bas accomplit une oscillation régulière avec la période du champ alternatif, le capillaire supérieur reçoit des chocs à chaque aimantation et ensuite oscille vivement avec sa courte période propre. Ces secousses provoquent les chocs sonores décrits dans l'expérience *d.*

MAGNÉTISME. — *Sur la perméabilité du fer aux fréquences élevées.* Note [3] de M. C. **Gutton** et Mme I. **Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

L'aimantation du fer aux hautes fréquences a fait l'objet de nombreuses expériences de M. Arkadiew et de ses élèves [4]. Ils obtiennent des perméabilités qui varient dans de très larges limites et très irrégulièrement

---

(1) R. Forrer, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1253, 1394.

(2) Dans le fil de $0^{mm},47$ l'effet de Forrer se montre parfois sans aucune préparation spéciale.

(3) Séance du 16 mai 1927.

(4) Arkadiew, *Ann. der Physik*, **58**, 1919, p. 105. — Kartschagin, *Ann. der Physik*, **67**, 1922, p. 325. — Nikitin, *Zeitschr. für Physik*, **29**, 1924, p. 288. — Wwedensky et Theodortschik, *Ann. der Physik*, **68**, 1922, p. 463.

lorsqu'on change la fréquence. M. Laville [1], au contraire, trouve au cours de recherches très soignées sur la propagation des ondes le long des fils et pour six longueurs d'ondes comprises entre 3 et $87^m,5$ une valeur presque constante. Il indique d'autre part les difficultés que l'on rencontre dans l'étude de l'amortissement lors de la propagation des ondes progressives et les erreurs considérables qui s'introduisent lorsqu'on n'en tient pas compte.

Nous avons repris ces recherches par une méthode qui ne fait pas intervenir la propagation le long d'un fil de fer et dans un domaine de longueurs d'ondes 8 à 25^m.

Un résonateur Blondlot, dont les oscillations satisfont à la formule de Lord Kelvin, est constitué par un condensateur et par un rectangle en fil de cuivre dont on peut remplacer une partie par un fil de fer. La self-induction L du résonateur en cuivre est calculée comme l'a indiqué M. Blondlot [2], lors de ses déterminations de la vitesse de propagation. La self-induction L', lorsqu'une partie de fil est remplacée par un fil de fer de même diamètre, se déduit de la variation correspondante de la longueur d'onde. Cette variation est peu considérable. La longueur d'onde de l'un des résonateurs était par exemple $10^m,84$ et devient $10^m,87$ lorsqu'on remplace 7^{cm} de fil de cuivre de $1^{mm},24$ de diamètre par une égale longueur de fil de fer de même diamètre. La grandeur de l'amortissement est, au contraire, beaucoup augmentée. Cet amortissement est mesuré de la manière suivante : Un oscillateur à lampe, dont on peut faire varier d'une façon continue la longueur d'onde, est couplé, en couplage lâche, avec le résonateur. La différence de potentiel efficace entre les armatures de son condensateur est mesurée avec un électromètre idiostatique [3] relié par des fils courts à ces armatures. L'oscillateur est couplé, d'autre part, à une ligne de deux fils de cuivre réunis à leur origine par une soudure thermo-électrique, sur laquelle on déplace un pont formé par une large lame de cuivre traversée par les fils. Cette ligne permet de déterminer la longueur d'onde de l'oscillateur.

Ayant accordé l'oscillateur sur le résonateur, on mesure la différence de potentiel et la longueur d'onde. On change ensuite la fréquence de l'oscillateur de part et d'autre de la résonance jusqu'à réduire à moitié la différence de potentiel entre les armatures du résonateur et l'on mesure les longueurs d'onde correspondantes λ_1 et λ_2.

---

(1) LAVILLE, *Ann. de Physique*, 10e série, **2**, 1924, p. 328.
(2) BLONDLOT, *Journal de Physique*, **4**, 1895, p. 135.
(3) GUTTON et LAVILLE, *Ann. des P. T. T.*, **14**, 1925, p. 209.

Si R est la résistance du résonateur, L son coefficient de self-induction, la relation suivante, qui se déduit facilement de l'équation des oscillations, donne pour l'amortissement la valeur

$$\alpha = \frac{R}{2L} = \sqrt{3}.10^{10}\pi \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_0^2}.$$

On mesure d'abord α pour le résonateur en fil de cuivre, L étant connu par le calcul, on en déduit R.

On remplace 7^{cm} de fil de cuivre par un fil de fer, on mesure la nouvelle longueur d'onde de résonance, la formule de Lord Kelvin donne la valeur de la self-induction L'. On détermine ensuite α' et par suite R'.

La différence R' — R est la différence des résistances en haute fréquence de 7^{cm} de fil de fer et de fil de cuivre. La mesure des résistivités du fer et du cuivre et l'application de la formule de Stefan (¹)

$$R = R_0 \left[a\pi\sqrt{\mu c n} + \frac{1}{4} \right],$$

relative à la résistance de fils cylindriques en haute fréquence, donnent la perméabilité μ du fer. Dans cette formule R_0 est la résistance en courant continu, a le rayon du fil, c la conductivité et n la fréquence.

De la différence de potentiel entre les armatures du condensateur, on déduit l'intensité maximum du courant et le champ magnétique à la surface du fil, champ toujours inférieur à 0,5 gauss.

Les expériences ont porté sur deux morceaux de corde de piano de 7^{cm} de longueur, de $0^{mm},85$ et $1^{mm},24$ de diamètre, de résistivités respectivement égales à 23300 et 22900 unités électromagnétiques. Voici les résultats :

Fil de $0^{mm},85$.		Fil de $1^{mm},24$.	
λ mètres.	$\sqrt{\mu}$.	λ mètres.	$\sqrt{\mu}$.
25,02	8,5	24,80	6,9
20,31	8,6	20,13	6,9
17,19	8,5	17,07	7,1
15,13	8,6	15,03	6,9
13,47	8,4	13,34	6,8
12,15	8,3	12,08	6,7
10,90	8,5	10,87	7,0
9,95	8,1	9,91	7,0
8,96	8,3	8,90	6,9
8,30	8,0	8,05	6,9
7,79	8,2		

(¹) BOUASSE, *Ondes hertziennes*, 1925, p. 120.

Les écarts entre les différentes perméabilités qui correspondent à chacun des fils sont de l'ordre des erreurs expérimentales. Nos expériences, comme celles de M. Laville, ne permettent donc pas de conclure à l'existence de variations de la perméabilité du fer analogues aux variations de la constante diélectrique au voisinage des bandes d'absorption.

OPTIQUE. — *Spectres d'absorption et pléochroïsme de l'iode et de l'hérapathite.* Note [1] de M. **P. Bovis**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai pu obtenir, entre deux plaques de verre ou de quartz, des lamelles d'iode solide dont l'épaisseur, très uniforme, est de l'ordre du micron. Au bout de quelques jours, apparaissent, sur ces lames, des solutions de continuité grâce auxquelles on peut mesurer l'épaisseur par les couleurs d'interférence en lumière réfléchie.

Il a donc été possible d'entreprendre, sur ces lames d'épaisseur très faible et connue, une étude quantitative d'absorption en lumière naturelle et en lumière polarisée. Dans ce dernier cas j'ai mesuré, pour chaque longueur d'onde, la densité optique de l'iode pour le faisceau polarisé le plus absorbé et la densité pour le faisceau le moins absorbé. Les résultats des mesures sont ramenés, par le calcul, à une épaisseur d'iode de 1^{μ}.

Avec le même dispositif expérimental, j'ai essayé de retrouver les propriétés absorbantes de l'iode sur l'hérapathite, substance obtenue en faisant cristalliser une solution acétique de bisulfate de quinine additionnée de teinture d'iode. Je disposais d'une lamelle d'hérapathite préparée par de la Baume Pluvinel ainsi que de quelques échantillons obtenus par Zimmern et Coutin suivant une technique nouvelle [2]. L'épaisseur de ces diverses lames était inconnue. Les résultats des mesures figurent dans le tableau suivant qui donne, pour chaque corps et pour les diverses longueurs d'onde, les densités optiques relatives à chacun des faisceaux polarisés.

---

(1) Séance du 9 mai 1927.

(2) Zimmern et Coutin, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1214.

Longueurs d'onde.	Lame d'iode d'épaisseur 1μ.		Hérapathite de la Baume.		Hérapathite Zimmern-Coutin.	
μ						
0,700.....	»	»	0,62	0,13	0,56	
0,680.....	0,43	0,33	0,81	0,13	0,60	0,38
0,660.....	0,46	0,34	1,14	0,135	0,64	0,38
0,640.....	0,55	0,37	1,66	0,135	0,72	0,38
0,620.....	0,80	0,41	2,18	0,14	0,81	0,39
0,600.....	1,28	0,49	2,43	0,15	0,93	0,395
0,580.....	1,94	0,64	»	0,155	1,08	0,405
0,560.....	2,72	0,93	»	0,155	1,25	0,415
0,540.....	3,56	1,35	»	0,16	1,44	0,43
0,520.....	»	1,84	»	0,17	1,63	0,44
0,500.....	»	2,37	»	0,20	1,83	0,46
0,480.....	»	»	»	0,23	2,02	»

Les densités en lumière naturelle sont les suivantes :

μ			
0,700.....		0,33	0,37
0,680.....	0,37	0,38	0,40
0,660.....	0,39	0,41	0,43
0,640.....	0,45	0,43	0,46
0,620.....	0,55	0,44	0,49
0,600.....	0,70	0,45	0,53
0,580.....	0,90	0,45	0,57
0,560.....	1,20	0,45	0,61
0,540.....	1,63	0,46	0,65
0,520.....	2,10	0,47	0,69
0,500.....	2,67	0,50	0,73
0,480.....	»	0,53	»

En lumière naturelle, les trois lames ont à peu près la même opacité pour $0^{\mu},650$. L'hérapathite de la Baume présente le pléochroïsme le plus accentué. Le sel de quinine y modifie profondément le spectre d'absorption de l'iode pur. Cette hérapathite est un absorbant pratiquement neutre sur le large intervalle $0^{\mu},540$-$0^{\mu},640$. L'iode a une teinte plus rouge. L'échantillon Zimmern-Coutin paraît être un mélange d'hérapathite et d'iode.

J'ai complété les observations sur l'iode solide en procédant, jusque dans l'ultraviolet, à des mesures d'absorption en lumière naturelle par photométrie photographique. Le tableau suivant donne la densité optique Δ d'une certaine lame d'iode solide d'épaisseur 1 micron :

Longueurs d'onde.	Δ.	Longueurs d'onde.	Δ.
μ 0,680......	0,35	μ 0,2898.....	5,75
0,540......	1,70	0,2805.....	5,85
0,436......	3,70	0,2576.....	6,14
0,390......	4,4	0,2480.....	5,63
0,375......	4,6	0,2400.....	4,54
0,361......	4,8	0,2352.....	3,94
0,3025.....	5,6	0,2302.....	3,72

On voit donc que l'iode solide possède une large bande d'absorption avec maximum de densité vers $0^{\mu},255$.

L'application des théories électroniques aux résultats expérimentaux précédents permet de déduire que, sur 7 molécules d'iode solide, il y a un électron absorbant l'ultraviolet.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur le pouvoir rotatoire de l'ion tartrique.* Note de M. E. Darmois, présentée par M. A. Cotton.

Plusieurs travaux récents ont rappelé l'attention sur les singularités présentées par le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique [variabilité de (α) avec la concentration et la température dans l'eau et les solutions de sels neutres]. La tendance actuelle est d'expliquer ces variations par l'apparition de plusieurs formes actives, en équilibre mobile avec la concentration et la température. Ces formes seraient au nombre de 2 (de Mallemann) ou 3 (Lucas); l'une serait identique à l'acide cristallisé (Longchambon); l'autre coïnciderait peut-être avec l'ion tartrique (Vlès et Vellinger, Bruhat et Pauthenier). On semble admettre en tout cas que les singularités disparaissent quand l'acide est neutralisé, l'ion tartrique $T^{--}(C^4H^4O^{5--})$ ayant alors un (α) peu variable. C'est bien le cas dans l'eau. Nous allons montrer que ce n'est pas le cas dans les solutions de sels neutres.

I. On peut envisager une solution de $CaCl^2$ à concentration constante (2 M par exemple) comme un solvant où l'on dissout des quantités croissantes de tartrate neutre de sodium (TNa^2). A 20^{cm^3} $CaCl^2$ 5 M, on ajoute quelques centimètres cubes (1 à 5) d'une solution de TNa^2 (environ 0,5 M); un précipité blanc se forme que l'agitation redissout; on étend à 50^{cm^3}; le tartrate est ainsi dissous dans $CaCl^2$.2 M [1]. On mesure les rotations (sous

[1] Les solutions ainsi obtenues peuvent être fortement sursaturées par rapport au tartrate neutre de calcium qui se dépose ensuite lentement.

5^{dm}) pour les raies du mercure et l'on calcule le pouvoir rotatoire spécifique, en supposant que l'acide tartrique est présent sous la forme d'ion bivalent T^{--}. Ce pouvoir rotatoire est à peu près constant dans un chlorure à concentration donnée, mais il varie considérablement avec le titre de $CaCl^2$. Ci-dessous quelques nombres pour la raie jaune du mercure, température 18° :

Concentration $CaCl^2$.	0.	0,53.	1,41.	2,82.	4,2 M.
$[\alpha]_J^{T^{--}}$	43,3	32,9	16,2	+1,0	−4,55

Pour $CaCl^2$, l'effet observé est un abaissement de $[\alpha]$. Cet effet négatif se retrouve avec une intensité presque égale pour $BaCl^2$ et $SrCl^2$. $(NO^3)^2Ca$ donne un effet de même sens, mais moins fort à concentration moléculaire égale : $[\alpha] = +13°$ pour le nitrate 3,5 M. L'effet négatif existe aussi pour $NaCl$: $[\alpha] = 37°$ pour $NaCl$ 4,4 M — pour $LiCl$ ($[\alpha] = -4,7$ pour 7,8 M) — pour $MgCl^2$ (+30,9 pour 3,2 M). Dans ces trois cas, on n'observe aucune précipitation. La forme des courbes qui représentent $[\alpha]$ en fonction de la concentration du sel est très différente pour $CaCl^2$ et $LiCl$; concave vers le haut pour le premier, la courbe est convexe pour le deuxième. L'effet négatif est particulièrement intense pour les sels des terres rares où l'on obtient des $[\alpha]$ négatifs pour de faibles concentrations de sels. Ci-dessous quelques nombres pour $(NO^3)^3La$:

Concentration $(NO^3)^3La$.	0.	0,3	0,5.	1,0.	1,5.
$[\alpha]_J^{T^{--}}$	+43,3	−47,1	−47,1	−33,5	−22,8

On ne peut observer les solutions contenant moins de 0,3 M de nitrate par litre à cause de la précipitation du tartrate. Mais tout reste dissous si l'on ajoute en même temps $CaCl^2$. Les nombres suivants se rapportent à des solutions contenant dans 50^{cm^3} une quantité fixe de $CaCl^2$ (solution 2,06 M) et une quantité variable de $LaCl^3$:

Concentration $LaCl^3$.	0.	0,026.	0,092.	0,185.	0,277.	0,415	0,554.
$[\alpha]_J^{T^{--}}$	+7,8	+4,0	−6,9	−25,0	−37,5	−47,5	−45,0

On voit que, pour une addition d'un sel de La, (α) passe un minimum; on vérifie d'ailleurs que l'effet de $LaCl^3$ est différent de celui de $(NO^3)^3La$ à concentration moléculaire égale. Les sels céreux donnent des résultats analogues aux sels de lanthane.

II. D'autres sels donnent au contraire un effet positif, augmentation de (α). C'est le cas de KCl et NH^4Cl. Ci-après quelques valeurs pour KCl :

Conc. K Cl.	0.	0,77.	1,54.	3,08.
$(\alpha)_J^{T--}$	+43,3	46,7	49,0	48,8

$MnCl^2$, SO^4Mn, $FeCl^2$ donnent des effets de même ordre. Au contraire SO^4Fe donne des rotations positives considérables : $(\alpha) = +104°$ pour 0,72 M. $ZnCl^2$ donne un effet positif faible, suivi d'une mutarotation qui ramène (α) vers les valeurs obtenues dans l'eau pure. $AlCl^3$ donne un effet positif instantané suivi d'une mutarotation considérable qui fait passer la rotation à gauche.

Exemple. — On dissout dans $AlCl^3$ 0,6 M. environ $\frac{4,8}{1000}$ TNa^2; mesures de α_J^{5dm} aux temps T.

T_{min}.	0 (extrap.).	2.	4 1/4.	6 1/4.	8 1/2.	12 1/2.	19.	26.	33.	75.
α_J^{5dm}...	+1,65	−0,04	−0,77	−1,18	−1,50	−1,87	−2,14	−2,27	−2,35	−2,37

La rotation de TNa^2 pur est dans les mêmes conditions $+1,54$; en attribuant toujours la rotation à l'ion T^{--}, la valeur négative maximum donne $(\alpha)_J = -66,6$.

Pour les métaux tétravalents, $(NO^3)^4Th$ donne un effet positif énorme : $(\alpha)_J^{T--} = +165°$ pour le nitrate 0,2 M.

Bien qu'on doive admettre que les sels de cuivre donnent des complexes avec l'acide tartrique, nous avons essayé $CuCl^2$. Pour des quantités extrêmement faibles de celui-ci, on trouve des rotations droites considérables correspondant pour l'ion T^{--} à des valeurs de l'ordre de $(\alpha)_J = +320°$.

Les exemples précédents suffisent pour montrer que, dans les solutions de sels neutres, le tartrate de sodium éprouve des modifications variées de pouvoir rotatoire : la grandeur, le signe de (α) sont changés. La dispersion rotatoire éprouve aussi des variations compliquées. Si l'on suppose que ces modifications sont de nature physique (charge des ions, pouvoir inducteur spécifique de la solution), il apparaît dès maintenant comme très improbable qu'une seule explication convienne à tous les cas.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Calcul du pouvoir rotatoire d'un système de molécules ou d'atomes anisotropes. Application au quartz.* Note (1) de M. R. DE MALLEMANN, présentée par M. A. Cotton.

Dans une série de publications antérieures, nous avons développé une théorie simple du pouvoir rotatoire, et montré par une application numé-

(1) Séance du 16 mai 1927.

rique, que l'ordre de grandeur prévu était conforme à l'expérience. Le cas du tétraèdre irrégulier, constitué par 4 atomes *isotropes*, s'étend immédiatement à une molécule formée d'un nombre *quelconque* d'atomes, mais il correspond seulement aux molécules renfermant au moins un atome *asymétrique*, au sens des chimistes. On sait qu'il existe de nombreux corps actifs ne rentrant pas dans cette classe particulière. Pour fixer les idées, je prendrai comme exemple les complexes genres Werner : $\left\{ \overset{6}{M} \begin{matrix} \diagup\!\!\diagup R \\ = R \\ \diagdown\!\!\diagdown R \end{matrix} \right\} X$, dont les deux formes enantiomorphes sont schématisées par les deux systèmes d'arêtes d'un octaèdre régulier. Il est clair qu'en assimilant au point de vue optique, chacun des 3 atomes ou radicaux bivalents *identiques* R à une sphère, dont le centre occuperait le milieu de l'arête, l'asymétrie disparait; elle existe dans le schéma habituel, parce que les groupes R sont figurés par des *traits*. Il parait plus rationnel de remplacer ces traits par des *ellipsoïdes*, dont les axes seraient identiquement orientés par rapport aux arêtes fictives de l'octaèdre; ces ellipsoïdes figureraient les ellipsoïdes de polarisation (élasticité optique) de chacun des atomes, (ou groupes assimilés), supposés *anisotropes*. On voit de suite que l'activité du complexe est liée essentiellement à l'*anisotropie optique* de ses éléments. D'autre part la symétrie de l'assemblage est celle du *quartz*.

Il est aisé d'établir l'expression générale du pouvoir rotatoire ([1]), mais nous limiterons ici à deux modèles satisfaisant à la condition suivante : les éléments symétriques (molécules, radicaux, atomes), sont orientés de manière que deux de leurs plans principaux respectifs soient *parallèles*.

1° Molécule (ou groupe) *binaire*; ligne de jonction OZ *normale* aux plans principaux parallèles; milieu *isotrope* à molécules simples indépendantes ([2]) :

$$(1) \qquad [\rho]_M = \frac{2\pi\nu}{3\lambda^2} \frac{\varphi^2(n)}{r^2} B_1 B'_1 \sin 2\alpha.$$

$B_1 B'_1$ biréfringences *réduites* (direction OZ) des deux éléments, r distance de leurs centres, α angle des directions principales homologues non parallèles, ν nombre d'Avogadro, $\varphi(n)$ facteur du champ moléculaire.

2° Cristal type quartz; (les *centres* des molécules sont supposés aux nœuds du

---

([1]) La méthode, développée antérieurement, est exposée ailleurs (Conférences faites à Bruxelles, janvier 1927, en cours de publication).

([2]) *Bull. Soc. Fr. Physique*, n° 242, 1927, p. 30 S.

réseau sénaire) :

$$(2)\quad \rho = \frac{2\pi\nu}{\lambda^2}\frac{d}{M}\varphi^2(n)\sqrt{3}\,B^2 \left\{ \frac{1}{c^2}\sum_{q=1}^{\infty}\left\{\frac{1}{(3q-2)^2}-\frac{1}{(3q-1)^2}\right\} + 3c\left[\sum_{p=1}^{\infty}\sum_{q=1}^{\infty}\frac{p(3q-2)}{\{p^2a^2+(3q-2)^2c^2\}^{\frac{5}{2}}}\{2(3q-2)^2c^2-p^2a^2\} - \sum_{p=1}^{\infty}\sum_{q=1}^{\infty}\frac{p(3q-1)}{\{p^2a^2+(3q-1)\,c^2\}^{\frac{5}{2}}}\{2(3q-1)\,c^2-p^2a^2\}\right]\right\}.$$

Les termes des séries alternées décroissent assez rapidement; quand, en outre, a est nettement supérieur à c, le premier terme de la première somme est plus grand que tous les autres. C'est le cas du *quartz*, pour lequel : $a = 4,9.10^{-8}$; $c = 1,8.10^{-8}$. La biréfringence B est celle de la molécule simple (SiO^2) observée *dans le sens de l'axe*; son effet disparaît dans le cristal, mais sa valeur pourrait être déterminée par l'étude de la biréfringence *électrique* du quartz cristallisé ou amorphe.

Pour un calcul *d'ordre de grandeur*, il suffit de limiter l'expression à son premier terme; en prenant une anisotropie *relative* de $\frac{3}{10}$, valeur arbitraire mais acceptable (d'après les données générales sur les Constantes de Kerr) *le pouvoir rotatoire calculé est à peu près égal à sa valeur expérimentale* [1]. La proportionnalité de la rotation au carré de la biréfringence semble d'accord avec les faits; par exemple, l'énorme ρ du cinabre résulterait ici de la biréfringence exceptionnelle de HgS, due à la grande réfractivité de l'atome de mercure.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les groupements d'atomes d'éléments radioactifs dans le mercure.* Note [2] de Mlle **C. Chamié**, présentée par M. Jean Perrin.

Les expériences, dont il est question ici, consistent à introduire un élément radioactif en quantité impondérable dans quelques grammes de mercure distillé au préalable. Le mercure est ensuite versé sur une plaque photographique après filtration sur un entonnoir à sortie fine. Après un temps de pose suffisant, on enlève le mercure et l'on examine la plaque photographique au microscope, après un développement soigné.

---

(1) Même conclusion pour le fluide (1); ρ dépendrait directement de la Constantes de Kerr ou plus généralement du *rapport de diffusion*.

(2) Séance du 16 mai 1927.

Procédés d'activation du mercure. — 1° Le mercure était exposé à l'émanation du radium, du thorium et de l'actinium et le dépôt actif s'accumulait à sa surface; 2° Le mercure était introduit dans un entonnoir à tube étiré et fermé. On déposait, sur la surface du mercure, une goutte de solution faiblement acide de polonium qui était retenue par une pointe de verre afin de ne pas toucher la paroi de l'entonnoir. Dix minutes plus tard, on enlevait la goutte qui n'avait conservé que 1 pour 100 de l'activité absorbée par le mercure; on laissait alors le mercure se déverser par le bas de l'entonnoir par petites gouttes. La solution active produisait sur la surface du mercure une légère oxydation, mais l'oxyde était retenu avec un peu de mercure dans l'entonnoir; 3° des solutions acides de polonium et de radiothorium étaient évaporées à sec dans des capsules de quartz et l'on y versait du mercure qui enlevait presque totalement l'activité; 4° une lame d'argent activée, soit par le dépôt actif, soit par le polonium, était dissoute dans le mercure à chaud.

Après introduction du corps actif dans le mercure, celui-ci était, dans tous les cas, chauffé et bien mélangé. En mesurant l'activité de petites gouttes de mercure, on pouvait vérifier que le corps actif était réparti uniformément dans toute la masse.

Aspect des photographies. — Cet aspect est à peu près le même, quel que soit le radioélément employé et ne dépend pas du procédé d'activation. On voit au microscope, sur un fond clair, des taches discontinues, qui se présentent comme des étoiles dont les rayons sont les trajectoires des particules α émises d'un centre. Ces étoiles sont plus ou moins compactes avec toutes les transitions entre celles formées seulement par quelques rayons α et celles qui contiennent tant de rayons qu'elles forment des taches circulaires. L'interposition d'une feuille mince de célophane entre le mercure et la plaque n'altère pas l'aspect général. Des photographies semblables s'obtiennent (¹) lorsqu'on dépose une trace de corps radioactif directement sur la plaque photographique; cependant, rien n'obligeait à prévoir, qu'un corps actif, contenu dans le mercure, s'y trouverait à l'état d'agrégat d'atomes, au lieu de donner une impression photographique continue.

Grandeur et forme des images photographiques. — Pour un radioélément donné, le diamètre des circonférences circonscrites aux étoiles, ne dépend, ni du temps de pose, ni de la teneur du mercure en radioélément. Ces deux facteurs ayant pour seul effet d'augmenter le nombre des étoiles. Les dimensions de celles-ci changent seulement avec l'élément employé et l'on trouve que le rayon des étoiles est égal au parcours dans la gélatine des particules α du radioélément donné. Pour deux corps, dont l'un se produit

(¹) E. Mühlestein, *Archives des Sciences*, 4, 1922, p. 38 63. Cet article contient une bibliographie complète des travaux précédents.

à la suite de l'autre, on voit deux circonférences concentriques limitant deux groupes de rayons issus du même centre, le rapport des rayons des circonférences étant égal à celui des parcours (exemple : Th C et Th C′, *fig.* 1).

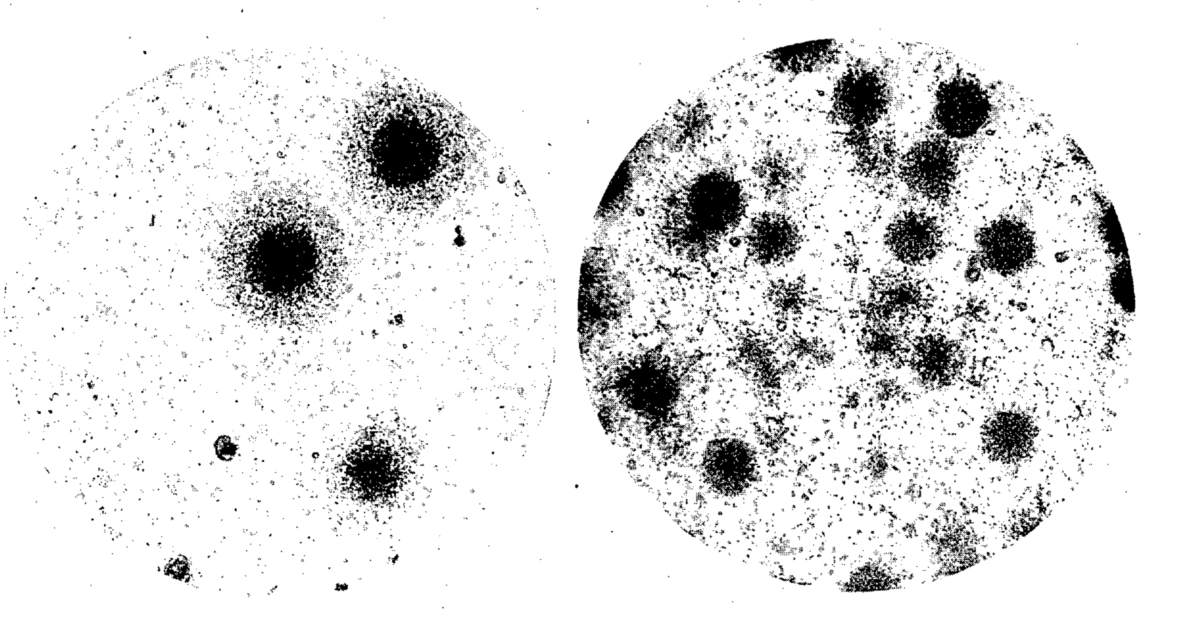


Fig. 1. — Microphotographie de la répartition du dépôt actif du thorium dans le mercure. Les rayons des étoiles correspondent à 34 microns pour le Th C et à 61,5 microns pour le Th C′.

Fig. 2. — Microphotographie de la répartition du polonium dans le mercure. Les rayons des étoiles correspondent à 27 microns.

La forme des étoiles est toujours circulaire et bien dessinée. On observe souvent des étoiles se grouper par deux ou plusieurs, mais ces assemblages peuvent, en général, être séparés en groupes distincts.

Conclusions. — Dans le mercure, les corps radioactifs envisagés ne semblent pas se dissocier en atomes individuels, mais sont répartis en petits groupements d'atomes qui se manifestent par l'effet photographique des particules α qu'ils émettent. Le diamètre de chaque groupement ne doit guère être supérieur à un micron, puisqu'il détermine le centre d'une étoile dont le diamètre ne dépasse pas le double du parcours dans la gélatine des rayons α de l'élément donné.

On obtient des résultats analogues avec une solution aqueuse de polonium contenant des agrégats colloïdaux de cet élément.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le calcul des équilibres ioniques.*
Note [1] de M. **P.-Maurice Vèzes**, présentée par M. G. Urbain.

Les relations fondamentales, qui nous ont servi antérieurement [2] à calculer l'équilibre de précipitation du chlorure d'argent, prennent une forme un peu différente quand l'un des corps réagissants contient un ion polyvalent. Nous prendrons comme exemple de ce cas celui de la précipitation de l'oxalate de calcium hydraté $CaC^2O^4.H^2O$, par le chlorure de calcium et l'acide oxalique : $CaCl^2 + H^2C^2O^4 + H^2O \rightleftharpoons 2HCl + CaC^2O^4.H^2O$, dont l'étude expérimentale a été récemment faite par M. Auméras [3].

Mélangeons, à $t = 15^\circ$, des volumes égaux de deux solutions, de même dilution équivalente $v = 50$, de chlorure de calcium et d'acide oxalique. Un litre de ce mélange contiendra donc 0,005 $CaCl^2$ et 0,005 $H^2C^2O^4$. Désignons par a, b, c, d, les concentrations, en ions par litre, que posséderont, au moment de l'équilibre, les ions $Ca^{\cdot\cdot}$, Cl', $H^{\cdot}$, $C^2O^{4''}$; par e, f, g, celles, en molécules par litre, des corps $CaCl^2$, $H^2C^2O^4$, HCl; enfin par x, en molécules par litre, celle du précipité $CaC^2O^4.H^2O$. Entre ces huit variables, nous pouvons encore écrire des relations d'ionisation et des relations de dilution.

En ce qui concerne les premières, il y a lieu de tenir compte ici de l'ionisation progressive des électrolytes à ion polyvalent. Pour le chlorure de calcium, par exemple, on a les deux équilibres

$$CaCl^2 \rightleftharpoons CaCl^{\cdot} + Cl', \qquad CaCl^{\cdot} \rightleftharpoons Ca^{\cdot\cdot} + Cl',$$

auxquels l'application de la loi d'action de masse fournit, en appelant h la concentration des ions $CaCl^{\cdot}$, les équations [4].

(1) $$bh = k_1 e \quad \text{et} \quad ab = k_2 h.$$

De même, si nous désignons par j la concentration des ions $HC^2O^{4'}$,

---

[1] Séance du 16 mai 1927.

[2] *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 943.

[3] Auméras, *Thèse*, Montpellier, 4 décembre 1925.

[4] Remarquons que la multiplication, membre à membre, de ces deux équations, fournit la relation $ab^2 = k_1 k_2 e$, qui correspond au dédoublement intégral du sel en ses éléments : $CaCl^2 \rightleftharpoons Ca^{\cdot\cdot} + 2Cl'$.

La constante d'équilibre de ce dédoublement intégral est ainsi le produit de deux constantes d'équilibre du dédoublement progressif : ceci est général.

nous aurons, par suite du dédoublement progressif de l'acide oxalique,

$$H^2C^2O^4 \rightleftharpoons HC^2O^{4\prime} + H^{\cdot}, \qquad HC^2O^{4\prime} \rightleftharpoons C^2O^{4\prime\prime} + H^{\cdot},$$

les équations

(1) $$cj = k_3 f \quad \text{et} \quad cd = k_4 j.$$

Enfin, désignant par k_5 la constante d'ionisation de l'acide chlorhydrique à la dilution considérée ($v = 100$), et par k_6 le produit de solubilité de l'oxalate de calcium, nous aurons les deux nouvelles équations

(1) $$bc = k_5 g \quad \text{et} \quad ad = k_6.$$

A ces six équations d'ionisation s'adjoignent quatre équations de dilution

(2) $$\left\{\begin{array}{l} a + h + e + x = 0{,}005, \\ b + h + 2e + g = 0{,}01, \\ c + j + 2f + g = 0{,}01, \\ d + j + f + x = 0{,}005. \end{array}\right.$$

Les dix variables a, b, c, d, e, f, g, h, j, x ont donc, lorsque l'équilibre est atteint, des valeurs déterminées.

Il est aisé de transformer le système (2) en un système plus simple :

$$a - b = d - c + e - f = g - x + e - 0{,}005,$$
$$a - d = b - c + e - f = j - h + f - e.$$

Prenons comme inconnues auxiliaires ces différences $y = a - b$ et $z = a - d$. Nous aurons alors a comme racine positive de l'équation du second degré $a^2 - za - k_6 = 0$; d sera donné par l'équation $d = a - z$, b par l'équation $b = a - y$, h par la relation $ab = k_2 h$, e par la relation $bh = k_1 e$, x par la relation $a + h + e + x = 0{,}005$, g par la relation $b + h + 2e + g = 0{,}01$, c par la relation $bc = k_5 g$, j par la relation $cd = k_4 j$, et enfin f par la relation $cj = k_3 f$.

Comme contrôle, on vérifiera les deux dernières équations de dilution, non employées dans le calcul qui précède ; les sommes $c + j + 2f + g$ et $d + j + f + x$ se trouvant assez distantes de 0,01 et 0,005, on modifiera progressivement les valeurs choisies pour les variables auxiliaires y et z, de manière à faire concorder ces sommes avec 0,01 et 0,005.

Dans l'exemple cité, envisagé à la température de 15°, on connaît les

valeurs des constantes

$k_3 = 0,038$ (1), $k_4 = 0,000049$ (1), $k_5 = 0,30$ (2), $k_6 = 18,5.10^{-10}$ (3).

Mais il nous manque, pour résoudre complètement le problème, les constantes k_1, k_2 de la dissociation progressive du chlorure de calcium, cette dissociation n'ayant, à notre connaissance, point été étudiée. Nous n'en connaissons que le produit $k_1 k_2 = 0,136$, que nous fournissent les données relatives à la conductivité des solutions de ce sel, contenues dans les Tables électrochimiques. Admettant que sa dissociation n'est pas progressive, c'est-à-dire que l'on a $ab^2 = k_1 k_2 e$ et $h = 0$, on aboutit aux valeurs suivantes :

$a = 0,00066$ (4), $d = 0,0000028$, $g = 0,000030$,
$b = 0,00997$, $e = 0,000000485$, $j = 0,000514$,
$c = 0,0092$, $f = 0,000128$, $x = 0,004340$.

On voit par ces résultats que, dans la réaction considérée, effectuée à 15°, la précipitation de l'oxalate de calcium est assez loin d'être complète (moins de 87 pour 100) ; l'acide chlorhydrique formé est presque complètement dissocié : il n'en reste que 3 pour 1000 à l'état de molécules.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Sur la viscosité et la stéréoisomérie géométrique.* Note (5) de Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Moureu.

Cette Note a pour but d'essayer de généraliser une observation sur la différence des viscosités relatives des isomères *cis* et *trans* dans la série hydroaromatique, faite au cours de nos recherches sur les propriété physico-chimiques de la série du cyclohexanol (6).

A. Nous avons étudié à cet effet la viscosité de quelques composés hydrocycliques *cis* et *trans* (7) à 25° et nous avons obtenu les résultats suivants :

---

(1) E. E. Chandler, *Amer. Chem. Soc. J.*, 30, 1908, p. 694.
(2) Au moyen des données relatives à la conductivité des solutions chlorhydriques.
(3) M. Auméras, *loc. cit.*, p. 62.
(4) Résultat concordant bien avec les mesures de M. Auméras (*loc. cit.*, p. 75).
(5) Séance du 16 mai 1927.
(6) *Thèse de doctorat*, Faculté des Sciences Montpellier, 1926, p. 87.
(7) Corps obtenus par MM. Godchot et Bedos et décrits par eux au cours de leurs récentes recherches.

	$\eta_{25°}$ isomère *cis*.	$\eta_{25°}$ isomère *trans*.
Orthométhylcyclopentanol	0,08259	0,09397
Orthométhylcyclohexanol	0,10060	0,27790
Cyclohexyl-2-cyclohexanol-1	0,28507	0,34725
Diméthyl-2.5-cyclohexanol-1	0,04284	0,09673
Diméthyl-2.4-cyclohexanone-1	0,01534	0,02568

Comme on le voit, dans cette série nos prévisions se confirment, surtout pour les dérivés orthométhylés, puisque les viscosités varient sensiblement du simple au double. Pour le cyclohexyl-cyclohexanol où le radical substituant est aussi important que le radical substitué, la différence est moins grande, mais néanmoins suffisamment sensible, la viscosité de l'isomère *cis* se trouvant être les $\frac{5}{6}$ de celle de l'isomère *trans*.

Ces résultats permettent de conclure que dans la série hydrocyclique la viscosité semble être une propriété physique géométriquement dirigée puisque les stéréoisomères se distinguent par leurs viscosités différentes. Les frottements intérieurs des isomères *cis* où tous les radicaux sont situés d'un même côté du plan doivent être moins intenses que ceux des isomères *trans* où les radicaux sont situés de part et d'autre.

Ce fait est à rapprocher dans une certaine mesure des différences de vitesse d'éthérification signalées par M. Vavon (1) pour les alcools hydrocycliques *cis* et *trans*.

B. Si l'on essaie d'étendre cette remarque aux isomères éthyléniques (*cis* et *trans*), on constate par contre que les différences de viscosité sont beaucoup plus faibles, ou tout au moins ne permettent pas d'être aussi affirmatif car elles peuvent se rapprocher de l'ordre des erreurs expérimentales.

1. A titre d'exemple, nous avons examiné les dichloroéthylènes *cis* et *trans*, $CHCl = CHCl$, obtenus suivant le procédé indiqué par M. Chavanne (2) en soumettant à la distillation fractionnée le produit commercial connu sous le nom de diéline. L'un des bichlorures, le composé *cis* bout à 60°,25 et fond à — 80°,5 ; l'autre, le composé *trans*, bout à 48°,35 et fond à — 50°.

Les viscosités déterminées par nous sont les suivantes :

Composé *trans* .... $\eta_{20°} = 0,0057$
Composé *cis* .... $\eta_{20°} = 0,0049$

2. Si l'on veut examiner les premiers termes des acides bibasiques à liaison éthylénique de la série acyclique (acide maléique, acide fumarique et

(1) Vavon, *Bull. Soc. chimique*, 39, 1926, p. 666.
(2) Chavanne, *Bull. Soc. chimique Belgique*, 26, 1912, p. 287.

leurs homologues), il convient de faire remarquer qu'il n'est pas possible d'effectuer les mesures de viscosité des deux premiers acides à la même température puisque l'un (l'acide fumarique) se sublime à 200° avant de fondre et l'autre (l'acide maléique) fusible à 135°, bout à 160° en se déshydratant. Aussi avons-nous dû faire nos mesures, à 20°, sur des solutions des corps considérés dans l'alcool absolu ; de plus cette façon d'opérer a été également employée pour les composés homologues, nous mettant ainsi à l'abri de toute trace d'isomérisation possible d'un isomère dans l'autre sous l'action de la chaleur. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Concentration dans l'alcool.	$\eta_{20°}$ (de la solution).
Acide fumarique (*trans*).......	25g, 8 d'alcool pour 1g d'acide	0,00143
Acide maléique (*cis*)...........	25g, 8 d'alcool pour 1g d'acide	0,00135
Acide mésaconique (*trans*).....	25g d'alcool pour 5g d'acide	0,0239
Acide citraconique (*cis*).........	25g d'alcool pour 5g d'acide	0,0219

Les différences sont certainement très faibles et ne permettent pas de conclure aussi nettement que dans le cas des corps hydroaromatiques.

Toutes ces mesures de viscosité ont été effectuées à l'aide d'un viscosimètre d'Ostwald plongé dans un thermostat.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques cémentations spéciales de l'aluminium et du duralumin après double dépôt électrolytique.* Note [1] de MM. **J. Cournot** et **E. Perot**, présentée par M. Léon Guillet.

Ces recherches font suite à celles déjà réalisées [2] en vue de la protection de l'aluminium et des alliages légers contre la corrosion à l'eau de mer.

Nous avions en vue, dans cette nouvelle série d'essais, la production superficielle, par cémentation, d'alliages complexes, après dépôt électrolytique successif de deux métaux différents.

Les recherches ont porté sur l'aluminium et le duralumin comme métaux de base; le premier dépôt était constitué par du cuivre, le deuxième étant du nickel, du chrome, du cobalt ou du cadmium. Les éprouvettes (cylindres de 8mm de diamètre) étaient chauffées pour cémentation, soit en bain de sable, soit dans une atmosphère neutre de four électrique à tube; les pre-

[1] Séance du 16 mai 1927.

[2] *Comptes rendus*, t. **183**, 1926, p. 789 et 1289; t. **184**, 1927, p. 1172.

mières expériences ayant montré que la pénétration était dans certains cas fort importante, des essais systématiques furent entrepris en faisant varier, d'une éprouvette à l'autre, la quantité des deux métaux initialement déposés. Le tableau ci-après résume les essais effectués.

On peut tirer des résultats obtenus les renseignements suivants :

1° *Au point de vue de l'aspect extérieur après cémentation*, des plissements se produisent dans presque tous les cas pour les températures de cémentation supérieures à 575°; il est plus facile d'obtenir une surface saine avec les chauffages en bain de sable, probablement parce que l'éprouvette est mieux maintenue, et pour les cémentations en deux temps.

2° *Au point de vue micrographique*, la cémentation en deux temps paraît également favorable; la pénétration totale est réglée principalement par le cuivre, le deuxième dépôt n'ayant que peu d'influence; ceci est assez normal, étant données les températures observées et la nature des différents assemblages des métaux considérée au point de vue vitesse de diffusion; on distingue dans la zone cémentée :

a. Une solution solide qui forme tout le fond;

b. Une constitution eutectique, en faible quantité et tout à fait analogue à celle des alliages Al-Cu disposée en réseaux autour des cristaux de solution solide;

c. Un ou deux constituants durs, restant en relief au polissage, combinaisons ou solutions de combinaisons issues du métal extérieur; nous avons trouvé des aiguilles particulièrement marquées avec le cadmium qui paraît former deux combinaisons avec le cuivre.

L'interprétation de ces micrographies est malheureusement très complexe étant donnée l'ignorance dans laquelle on se trouve encore des diagrammes ternaires.

Ces quelques essais, menés sur métaux légers pour lesquels les résultats micrographiques sont difficiles à interpréter, semblent bien montrer cependant que les cémentations complexes peuvent avoir de l'intérêt pour réaliser des propriétés spéciales de surface; mais l'existence des diagrammes correspondants reste absolument indispensable si l'on veut opérer d'une façon réellement scientifique.

Métal de base.	Ouvrage initial. Temps en min.	Ouvrage initial. Densité courant amp/dm².	Cémentation après cuivrage initial.	Deuxième dépôt. Métal déposé	Deuxième dépôt. Temps en min.	Deuxième dépôt. Densité courant amp/dm².	Cémentation.	Pénétration en mm.
Al.	5	0,68	sans	Ni	20	2	1 h. à 600° bain de sable	0,20
»	10	0,68	»	»	15	2	»	0,38
»	20	0,68	»	»	10	2	»	0,78
»	30	0,68	»	»	5	2	»	0,64
Dural.	10	0,67	10 m. à 600° au four	»	20	2	1 h. à 580° bain de sable	à cœur
»	20	0,67	»	»	20	2	1 h. à 620° bain de sable	à cœur
Al.	30	0,6	sans	Co	7	0,6	1 h. à 600° bain de sable	0,65
»	50	0,8	»	»	10	0,6	»	0,52
»	10	0,7	»	»	50	0,7	1 h. à 600° au four	1,69
»	50	0,7	»	»	12	0,7	»	1,04
»	30	0,7	10 m. à 600° au four	»	20	0,7	1 h. à 600° au four	à cœur
Al.	10	0,65	sans	Cd	80	0,5	1 h. à 570° au four	0,23
»	30	0,65	»	»	55	0,4	»	0,39
»	50	0,65	»	»	17	0,4	»	0,71
»	30	0,7	30 m. à 560° au four	»	45	0,4	1 h. à 550° au four	0,26
»	30	0,7	10 m. à 600° au four	»	60	0,3	1 h. à 590° au four	0,94
Al.	10	0,84	sans	Cr	20	3	1 h. à 600° au four	0,2
»	20	0,8	»	»	10	3	»	0,13
»	30	0,84	»	»	5	2	»	0,39
»	20	0,70	»	»	20	3,5	1 h. à 560° au four	0,13
»	5	0,70	»	»	32	3	30 m. à 600° au four	0,52
»	30	0,70	»	»	3	5	»	1,69
»	20	0,70	»	»	25	3,5	30 m. à 620° au four	à cœur
»	20	0,70	10 m. à 600° au four	»	20	2	1 h. à 620° au four	à cœur
»	20	0,70	30 m. à 560° au four	»	20	2	1 h. à 550° au four	0,39

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des pyrrolidones.* Note de Mme **Ramart-Lucas** et M. **Fasal**, présentée par M. Moureu.

Malgré l'intérêt qui s'attache aux pyrrolidones tant au point de vue chimique qu'au point de vue physiologique, ces composés ont été très peu étudiés. Quelques homologues et certains dérivés de la pyrrolidone ont été préparés par différents auteurs (¹), mais aucun de ces savants n'a poursuivi leur étude. D'une part, ces composés n'étaient pas l'objet de leurs recherches, et d'autre part ils ne les obtenaient qu'en petites quantités.

Grâce aux travaux de Haller et Bauer (²), les méthyldialcoylpyrrolidones sont devenues facilement accessibles et nous avons pu en aborder l'étude.

Nous nous sommes proposés de préparer des dérivés alcoylés de ces substances, de déterminer la structure des composés ainsi obtenus et de les soumettre à l'action de certains réactifs. Le résultat de ces recherches sera consigné dans la présente Note.

Suivant les conditions expérimentales, on peut concevoir que la pyrrolidone réagit sous deux formes tautomères. Traité par de l'amidure de sodium, chacun de ces isomères peut donner un dérivé sodé. Si, sur ce dérivé sodé, on fait agir des halogénures d'alcoyles, il se formera des alcoylpyrrolidones ayant la constitution soit d'un dérivé en O, soit d'un dérivé en N :

$$\begin{array}{ccccccc} CH^2-CH^2 & & CH^2-CH^2 & & CH^2-CH^2 & & CH^2-CH^2 \\ | \qquad | & & | \qquad | & & | \qquad | & & | \qquad | \\ CH^2 \quad CONa & +R.X\rightarrow & CH \quad CO.R & (A) \quad \text{ou} & CH^2 \quad CO & +R.X\rightarrow & CH^2 \quad CO \quad (B) \\ \diagdown N \diagup\!\!\diagup & & \diagdown N \diagup\!\!\diagup & & \diagdown N \diagup & & \diagdown N \diagup \\ & & & & \diagdown & & \diagdown \\ & & & & Na & & R \end{array}$$

A notre connaissance aucune recherche n'avait été faite en vue de déterminer la structure de produits de l'alcoylation (³) directe des pyrrolidones.

(¹) Tafel, *Ber. D. Ch. G.*, 20, 1887, p. 249; 22, 1889, p. 1860. — Kuhling, *ibid.*, 22, 1889, p. 2364; 23, 1890, p. 708. — Bailli et Tafel, *ibid.*, 32, 1899, p. 68-78. — Kuhling et Falk, *ibid.*, 38, 1905, p. 1215-1218. — Tafel et Stern, *ibid.*, 33, 1900, p. 2224-2236. — Haitinger, *Monatshefte für Chemie*, 3, 1885, p. 228.

(²) Haller et Bauer, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 825, et 160, 1915, p. 541.

(³) Haller et Bauer avaient préparé le dernier méthylé mais ne l'ont pas étudié (*loc. cit.*).

Certains travaux ont été effectués sur des molécules possédant dans un cycle la même fonction lactame, afin de déterminer si ce complexe réagit sous l'une ou l'autre des formes isomères

$$-\underset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}=N- \quad (I) \qquad \text{ou} \qquad -CO.NH- \quad (II).$$

Nous citerons en particulier le travail de MM. Friedlaender et Ostermaier [1] sur le carbostyryle et sur l'hydrocarbostyryle.

Ces savants ont soumis l'un et l'autre de ces composés à l'action des halogénures d'alcoyles en présence de KOH alcoolique. Ils ont constaté que dans ces conditions le carbostyryle réagit sous la forme lactime (I) et donne un éther oxyde de l'oxyquinoléine alors que l'hydrocarbostyryle donne un dérivé alcoylé à l'azote correspondant à la forme lactame (II).

Traités par des hydracides en tubes scellés à 120°, les alcoylcarbostyryles se scindent en carbostyryle et halogénures d'alcoyles tandis que les alcoylhydrocarbostyryles (II) dans les mêmes conditions ne sont pas encore attaqués à 180°.

Nous avons sodé la 3.3.5-triméthylpyrrolidone avec de l'amidure de sodium, et sur ce dérivé sodé nous avons fait agir successivement :

$$CH^2=CH.CH^2.Br, \qquad C^6H^5CH^2Cl, \qquad ICH^2.COOC^2H^5.$$

Sur la 3.3-diéthyl-5-méthylpyrrolidone sodée nous avons condensé :

$$CH^3.CH^2.CH^2.CH^2.I \quad \text{et} \quad C^6H^5.CH^2Cl.$$

Nous avons soumis les dérivés alcoylés ainsi obtenus à l'action des hydracides et nous avons constaté que même à 180° ces composés sont à peine attaqués par HCl ou HBr.

Ce fait nous conduit à admettre que nos pyrrolidones ont réagi sous la forme (B) et qu'elles ont donné avec les halogénures d'alcoyles en présence d'amidure de sodium des dérivés alcoylés à l'azote :

$$\begin{array}{c} CH^2\!-\!C\!<\!\begin{smallmatrix}R\\R\end{smallmatrix} \\ CH^3CH \quad CO \\ NH \end{array} + NH^2Na \rightarrow \begin{array}{c} CH^2\!-\!C\!<\!\begin{smallmatrix}R\\R\end{smallmatrix} \\ CH^3CH \quad CO \\ N-Na \end{array} \text{ qui } + R'X \rightarrow \begin{array}{c} CH^2\!-\!C\!<\!\begin{smallmatrix}R\\R\end{smallmatrix} \\ CH^3CH \quad CO \\ N-R' \end{array}$$

X représente un halogène; R représente CH^3, CH^3CH^2; R' représente : $CH^3CH^2=CH.CH^2$, $C^6H^5CH^2Cl$, $CH^3CH^2CH^2CH^2I$, $CH^2I.CO^2C^2H^5$.

---

(1) P. Friedlaender et H. Ostermaier, *Ber. D. C. G.*, 14, 1881, p. 1916.

Si le chauffage avec les hydracides se fait à une température supérieure à 210°, il se produit une scission de la molécule avec formation du sel de l'acide dialcoylaminovalérianique et d'un halogénure d'alcoyle.

Cette réaction peut être interprétée ainsi : sous l'influence des hydracides, le noyau pyrrolidonique s'ouvre (avec la 3.3.5-triméthylpyrrolidone il suffit de chauffer à 120°), il se forme d'abord le sel d'un acide N-alcoyl-aminovalérianique. Dans les conditions de l'expérience la fonction amine secondaire subit une désalcoylation :

$$\begin{array}{l} CH^2 - C\begin{smallmatrix}R\\R'\end{smallmatrix} \\ CH^3C \quad\; CO \\ \quad N - R' \end{array} + H^2 + HCl \rightarrow \begin{array}{l} CH^3C - CH^2C\begin{smallmatrix}R\\R\end{smallmatrix}CO^2H \\ \quad\;\; NH \\ HCl \diagdown \\ \quad\;\; R' \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} CH^3CH - CH^2C\begin{smallmatrix}R\\R\end{smallmatrix}CO^2H + R'Cl. \\ \quad\; NH^2 \end{array}$$

Soumises à l'action réductrice du sodium et de l'alcool absolu, ces N-alcoylpyrrolidones ne subissent aucune modification.

Les dérivés organomagnésiens n'ont également aucune action sur ces composés; sauf s'il existe dans l'une des chaînes latérales une fonction susceptible de réagir avec les complexes magnésiens.

En résumé, nous avons montré que les méthyl-5-diacoyl-3.3-pyrrolidones traitées par de l'amidure de sodium et des halogénures d'alcoyles réagissent sous la forme lactame et donnent des dérivés N-alcoylés. Parmi tous ces composés, seul le dérivé N-méthylé avait été signalé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone. Acides benzalphényléthylsucciniques et benzylphényléthylmaléiques.* Note de M. **J. Bougault**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'acide amidé (I)

$$(I)\qquad \begin{array}{c} C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CO^2H \\ | \\ O \\ | \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C(OH).CO.NH^2 \end{array}$$

à fonction éther-oxyde d'hydrate de cétone, m'a donné, par une longue série

de réactions ([1]), un acide bibasique (II)

$$\text{(II)}\qquad \begin{array}{r} C^6H^5.CH^2.CH.CO^2H \\ | \\ O \\ | \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.CH.CO^2H \end{array}$$

fondant à 204°. Cet acide fournit deux anhydrides : l'un normal (P. f. 104°) régénérant, par hydratation alcaline, l'acide générateur; l'autre anormal, de formule (III)

$$\text{(III)}\qquad \begin{array}{r} C^6H^5.CH^2.COH.CO \\ | \qquad \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.CH\quad .CO \end{array}\!\!>O$$

fondant à 75° et déjà étudié. J'ai indiqué en particulier que l'acide, bibasique et alcool tertiaire, auquel correspond cet anhydride, est très instable et retourne à l'anhydride dès qu'il est libéré de ses sels par un acide fort.

I. Voici maintenant de nouvelles réactions de ce curieux anhydride.

Lorsqu'on le maintient à l'ébullition plusieurs heures avec une solution de potasse ou de soude, soit aqueuse, soit alcoolique, il se transforme en acides bibasiques et éthyléniques $C^{19}H^{18}O^4$ qui peuvent être représentés par les formules (IV) ou (V),

$$\text{(IV)}\quad \begin{array}{r} C^6H^5.CH=C\quad .CO^2H \\ | \qquad\quad \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.CH.CO^2H \end{array} \qquad \begin{array}{r} C^6H^5.CH^2.C.CO^2H \\ \| \qquad \\ C^6H^5.CH^2.CH^2.C.CO^2H \end{array}\quad \text{(V)}$$

suivant le sens de la déshydratation.

J'ai jusqu'ici isolé quatre de ces acides isomères. J'en ferai connaître aujourd'hui trois dont l'étude est suffisamment avancée; ils fondent à 161°, 184°, 120° et seront désignés respectivement par les lettres A, B et C.

II. L'acide A (P.f. 161°) s'obtient par l'action de la soude en solution dans l'alcool amylique. Pour le séparer de l'isomère B formé en même temps, on utilise la faible solubilité ds son sel ammoniacal dans la solution aqueuse à 3 pour 100 de chlorhydrate d'ammoniaque.

Cet acide A est identique avec l'acide benzalphényléthylsuccinique obtenu par moi synthétiquement ([2]); il doit donc être représenté par le schéma (IV). Son anhydride normal fond à 100°. Par une ébullition de

---

([1]) J. Bougault, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1944; **181**, 1925, p. 247; **182**, 1926, p. 1224.

([2]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 247.

plusieurs heures avec une solution de soude dans l'alcool amylique, l'acide A s'isomérise en l'acide suivant B.

III. L'acide B (P.f. 184°) s'obtient dans la même opération que le précédent, et en plus forte proportion. Il est moins soluble dans l'éther que l'acide A. Son anhydride normal fond à 106°. Contrairement à l'acide A, il n'est pas hydrogéné par l'amalgame de sodium et cette résistance le rapproche des acides maléiques disubstitués; aussi proposerai-je, pour le représenter, la formule de constitution (V).

IV. L'acide C (P.f. 120°) s'obtient le mieux par ébullition de l'anhydride (III) avec la potasse aqueuse. Il se distingue des deux précédents par la solubilité de son sel de calcium. Il est très soluble dans l'éther. L'hydrogénation par l'amalgame de sodium le transforme en acide benzylphényléthylsuccinique fondant à 170°. Son anhydride normal fond à 112°.

L'ébullition avec la solution de soude dans l'alcool amylique le convertit en l'isomère B, qui paraît être le plus stable des trois dans ces conditions.

Chose curieuse, la réaction (ébullition avec la soude aqueuse) qui fournit cet acide C à partir de l'anhydride (III) est réversible, et l'acide C retourne partiellement, dans ces conditions, à l'anhydride générateur.

Je ne suis pas encore en mesure d'assigner à cet acide une formule de constitution.

L'étude de ces trois acides isomères sera développée dans un autre Recueil, mais je veux encore signaler une réaction fort intéressante qui est la suivante :

Ces trois acides qui, comme il est indiqué plus haut, donnent chacun un anhydride normal par l'action ménagée de l'anhydride acétique (10 *minutes à* 100°), *fournissent, par une ébullition de* 3 *heures, avec le même réactif, un seul et même composé, qui est l'anhydride* (III) *dont ils dérivent, par l'action des alcalis.*

Il y a donc successivement déshydratation entre les carboxyles, puis hydratation de la liaison éthylénique ; l'anhydride final étant tautomère des acides A, B et C.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'action de l'amidure de sodium sur la cyclohexanone.* Note (¹) de M. **R. Cornubert**, présentée par M. Ch. Moureu.

On sait que l'amidure de sodium agit sur les cyclanones en sodant ces dernières en α par rapport au carbonyle, ce qui permet ensuite d'alcoyler; mais à côté des alcoylcétones on trouve souvent une quantité plus ou moins importante de produits de condensation. La comparaison des quantités de ceux-ci, obtenues au cours de différentes alcoylations de cyclohexanones cyclopentanones par la méthode de M. A. Haller, nous a conduit à examiner systématiquement l'alcoylation de la cyclohexanone, recherche que nous avons commencée par l'étude des produits résultant de l'action de l'eau sur la cétone sodée. Notre travail peut se résumer de la façon suivante :

1° *Pour un amidure donné* (1^{mol}) *la quantité de produit de condensation formé au cours de la sodation dépend de la concentration de la solution éthérée de cétone* (1^{mol}) comme le montre le tableau suivant :

	Condensation de la cyclohexanone à 5 °/₀ près pour l'amidure moyen :	
Éther en cm^3 pour 20^g de cétone.	A, blanc, 1,3 °/₀ NaH pour 100.	B, gris, 1,8 °/₀ NaH pour 100.
60 (action très vive)	40	//
80 »	45	50
95	22	//
115	11	//
150 (action relativement peu vive)	<5	27
250 » »	<5	11

De plus, à une concentration déterminée (80^{cm^3}) et pour un amidure donné, cette quantité dépend : *a.* de la température à laquelle on opère (avec maximum de condensation vers 20° et non pas à l'ébullition de l'éther); *b.* au cours du dégagement d'ammoniaque, de la durée de l'opération. Une alcoylation doit donc être effectuée à dilution suffisante, condition également nécessaire dans le cas de la cyclohexanone du fait de la faible solubilité du dérivé sodé.

2° *Pour un certain amidure, avec une quantité déterminée d'éther, à une*

(¹) Séance du 16 mai 1927.

températuie donnée, en chauffant pendant un temps suffisant pour que la sodation soit complète, la quantité de produits de condensation obtenue ne dépend pas de la nature de l'alcoyle fixé, et cette condensation est identique à celle que l'on aurait si l'on n'alcoylait pas mais si l'on traitait le dérivé sodé par l'eau.

Amidure B.

	Condensation de la cyclohexanone, à 5 pour 100 près, 20^{g} de cétone dans 80 et 250^{cm^3} d'éther	
Agent d'alcoylation........	80^{cm^3}.	250^{cm^3}.
	Pour 100.	Pour 100.
Sulfate de mèthyle..............	50	11
Iodure de méthyle..............	45	16
Iodure d'éthyle................	45	21
Bromure d'allyle...............	50	11

3° *L'action de l'amidure de sodium sur la cyclohexanone à la concentration de* 20^{g} *dans* 80^{cm^3} *d'éther conduit à une grande quantité de cyclohexylidène-cyclohexanone à côté d'une petite quantité de produits supérieurs de condensation.* Ces derniers sont constitués par un liquide épais passant au point d'ébullition de la dicyclohexylidènecyclohexanone et ne tardent pas à se prendre en partie en cristaux incolores très peu solubles dans l'alcool et l'éther froids, relativement peu solubles dans le benzène froid, fondant à 181°, soit 186° (corr.). Ce corps, qui ne contient pas d'azote, répond à la formule brute $C^{18}H^{28}O^{2}$, que représentent les formules développées (I) et (II) :

C—CH C=C
OH CO

(I).

C—CH CH—C
CO
O

(II).

Un chauffage de deux heures à 150° avec de l'anhydride acétique et de l'acétate de sodium fondu ne nous ayant pas donné de dérivé acétylé et n'ayant pas engendré la moindre trace de dicyclohexylidènecyclohexanone, nous attribuerons la formule (II) à ce corps cristallisé, en nous proposant de la vérifier par la suite.

GÉOLOGIE. — *Sur la nature géologique du sud-est de l'Indochine.* Note de M. F. **Blondel**, transmise par M. Pierre Termier.

Une série d'explorations rapides m'a permis de parcourir depuis un an le sud-est de l'Indochine française. La dernière de ces tournées a été faite en compagnie de M. A. Lacroix.

Ces explorations, jointes à l'étude d'échantillons recueillis en grand nombre par les officiers du Service géographique permettent de composer une première esquisse de la région située approximativement au sud-est d'une ligne allant de Phnom Penh à Tourane.

Si imparfaites que soient ces observations, il est peut-être intéressant de les faire connaître actuellement, car les seules publications provenant d'explorations personnelles que l'on possède sur cette région sont extrêmement réduites; on ne peut citer que celles qui sont dues à MM. Lantenois (1), Petiton (2) et R. de Lamothe (3).

Je me contenterai de noter ici les quelques faits saillants qui paraissent se dégager de ces études sommaires. La présente Note est en particulier consacrée à quelques remarques sur la nature des terrains rencontrés dans cette région.

1° Ces terrains se groupent dans six séries qui sont, de haut en bas : des alluvions modernes et anciennes; des basaltes ; une série de schistes ou de grès; des rhyolites ou des roches du même groupe; une série de schistes ou quartzites; du granite, accompagné souvent de gneiss.

2° Les alluvions couvrent de larges étendues de part et d'autre du Mékong, de ses vallées affluentes ainsi que sur le pourtour des lacs du Cambodge. Elles forment surtout, non seulement le delta actuel du Mékong, mais encore un delta plus ancien, situé au Nord. Cette région du delta du Mékong s'étend, dans la direction Nord-Sud, depuis Kompong Cham jusqu'à la pointe de Camau sur environ 350^{km} et, dans le sens Ouest-Est, de Hatien à Baria, sur 250^{km}.

---

(1) Lantenois, *Notes sommaires sur la géologie du Sud-Annam, de la Cochinchine et du Cambodge* (*Bull. Serv. Géol. Indochine*. 2, III, 1912).

(2) Petiton, *Géologie de l'Indochine*, Paris, 1895.

(3) R. de Lamothe, *Itinéraires géologiques dans le Cambodge occidental et le Laos méridional* (*Bull. Serv. Géol. Indochine*, 15, IV, 1926).

3° Les autres terrains sédimentaires sont représentés par les deux séries qui encadrent les rhyolites. La série la plus récente est datée par la découverte de M. Lantenois dans la région de Trian à environ 50^{km} au nord-est de Saïgon, d'une ammonite, décrite par M. Mansuy comme *Grammoceras Lantenoisi* du Toarcien; l'autre série plus ancienne et souvent assez métamorphique n'est pas datée avec précision pour le moment; il faut probablement la rapporter au Dévonien ou au Carbonifère inférieur. Ces terrains sédimentaires ne paraissent exister en abondance que dans la région du Mékong.

4° Les rhyolites affleurent sur une large étendue d'environ 200^{km} de longueur sur 100^{km} de largeur entre Nha Trang et Phan Tiet dans le sud-est de la région considérée ici.

5° Le granite est également très abondant et affleure sur l'arête principale qui court du Nord-Est au Sud-Ouest depuis le cap Varella jusqu'au cap Saint-Jacques.

6° Il y a lieu de noter l'absence de calcaires dans cette région. On n'en connaît à l'heure actuelle qu'un seul petit affleurement dans la haute vallée de la rivière de Nha Trang. Cet affleurement a été signalé par M. Krempf et l'échantillon recueilli a été décrit par M. Bourret ([1]). Cette absence ou tout au moins cette rareté des calcaires est absolument remarquable. Au nord-ouest de la région décrite actuellement, les calcaires, et principalement les calcaires anthracolithiques, sont au contraire extrêmement abondants. Il semble que cette rareté des calcaires soit en corrélation avec l'abondance des rhyolites suivant une opposition qui paraît bien démontrée dans le Nord-Annam par les travaux de M. Fromaget. On est tenté de voir dans tout ce pays un massif émergé vraisemblablement depuis le Carbonifère et baigné sur son bord nord-ouest par la mer dont un bras, allant de Tourane à Saïgon, l'aurait séparé jusqu'au Lias inférieur de l'autre partie de l'Indochine.

([1]) Bourret, *Contribution à l'étude des Roches indochinoises* (Roches de la région de Nha Trang et du nord du Tonkin) (*Bull. Serv. Géol. Indochine*, 14, III, 1925).

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte du Pliocène supérieur dans la vallée de l'Aujon.* Note [1] de M. E. **Bruet**, transmise par M. Ch. Depéret.

J'ai précédemment signalé la probabilité très grande de la présence du Pliocène supérieur au sommet des plateaux, formant une terrasse de 140^{m}, renfermant vraisemblablement *Bos etruscus* Falc. (= *Bos elatus* Pomel), dominant la vallée de l'Aujon [2].

Depuis, j'ai poursuivi mes recherches, j'ai obtenu la confirmation de la présence de *Bos etruscus* et j'ai identifié dans une autre coupe du même terrain *Equus Stenonis* Cocchi, grâce à des molaires inférieures et supérieures qui s'éloignent beaucoup des formes « caballines » pour se confondre avec les formes de l'*Equus Stenonis* du Pliocène supérieur. Des os des membres de l'*Equus Stenonis* sont moins bien conservés.

Enfin des os divers et en particulier une prémolaire inférieure me font rapporter un autre mammifère à *Hippopotamus major* Cuv.

Je viens donc affirmer l'âge pliocène supérieur de la haute terrasse de la vallée de l'Aujon dont je vais donner les caractéristiques.

Ces alluvions pliocènes sont particulièrement bien représentées sur la rive droite de l'Aujon, dans la forêt de Châteauvillain et d'Arc, entre Giey-sur-Aujon et Coupray; toutefois je les ai retrouvées sur la rive gauche à l'altitude de 390^{m}, face au château de Val-Bruant.

Sur la rive droite, on commence à rencontrer l'ocre rouge à Mammifères fossiles entre la route de Nosloy et le chemin de Vauclair à Bugnières; mais c'est au nord de la ferme de Sautreuil qu'elle acquiert à la cote 400 une épaisseur remarquable. On suit cette couche sur les plateaux jusqu'à l'extrémité nord de la route des Religieuses sur le territoire de la commune de Cour-l'Évêque.

Je choisirai comme type la coupe que j'ai relevée au Nord-Est et, à quelques centaines de mètres de la maison forestière *La Vendue* qui représente bien le gisement. A partir du sol j'ai rencontré une couche

---

(1) Séance du 16 mai 1927.

(2) E. Bruet, *Sur la présence de galets et de quartz au sommet des plateaux bathoniens de la région d'Arc-en-Barrois* (*C. R. S. Société géologique de France*, 12, séance du 21 juin 1926, p. 122 et 123); *Sur la présence d'une nappe alluviale et sur la découverte du Callovien dans la région d'Arc-en-Barrois* (*Haute-Marne*). Note présentée à la séance du 7 mars 1927.

d'humus de $0^m,40$ environ, puis une couche d'argile ocreuse passant progressivement à l'ocre rouge d'une pureté remarquable, parsemée de roches calcaires en partie décomposées. Cette couche d'ocre rouge de 8^m d'épaisseur renferme des fossiles nettement calloviens (*Terebratula Sæmanni* Oppel; *Lunuloceras* sp., etc.) qui indiquent son origine initiale. Il s'y est produit de plus des phénomènes de décalcification.

Il est à noter que le Callovien de la région a un faciès à marnes ocreuses mélangées de peroxyde de fer hydraté.

L'ocre rouge repose sur une brèche de cailloux calcaires anguleux renfermant des galets de quartz ou de grès que j'ai reconnus comme d'origine vosgienne, avec des fragments d'ammonites calloviennes roulés, mêlés à du minerai de fer pisolitique et à de la limonite; ces minerais étant très peu importants. L'épaisseur du conglomérat varie entre $0^m,50$ et 1^m. C'est dans ce conglomérat ou bien lorsqu'il n'existe pas, à la base de l'ocre rouge et au contact des galets de grès et de quartz mêlés au minerai de fer, que j'ai trouvé les Mammifères fossiles.

L'ocre rouge repose sur une couche d'ocre jaune dont je n'ai pas encore évalué l'épaisseur mais qui égale au moins celle de l'ocre rouge. Fort pure en profondeur, l'ocre jaune repose sur le Callovien à *Kepplerites calloviensis* Sow., représenté par des calcaires jaunâtres parsemés d'inclusions de sidérose. Ce dernier terrain ne doit plus guère exister qu'à l'état de témoin, car il forme conglomérat en gros galets arrondis à la base de l'ocre jaune. L'âge de la couche d'ocre jaune n'est pas encore déterminé, la zone fossilifère, si elle existe, devant se trouver à la base, point que je n'ai pas encore atteint suffisamment.

Il est à noter que la zone ferrugineuse rappelle bien les circonstances du terrain sidérolithique, tout au moins comme mode d'origine par décalcification de marnes ou marno-calcaires, et qu'en particulier il y aurait peut-être un rapprochement à faire entre le Pliocène de la vallée de l'Aujon ou la couche d'ocre jaune plus ancienne et les terrains classés comme sidérolithiques sur la carte géologique au $\frac{1}{80000}$ n° 83 (Chaumont).

Ces terrains affleurent notamment dans la vallée de l'Aube, dans les environs de Clairvaux, Bayel, etc. Je me propose d'examiner la valeur de cette hypothèse prochainement, sur le terrain.

Des recherches ultérieures permettront aussi de situer dans le Pliocène supérieur la faune de la haute terrasse de l'Aujon, qui offre jusqu'à présent des affinités avec la faune du Val d'Arno et de l'Astésan, ainsi que sa répartition géographique dans cette vallée affluente du Bassin de Paris.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur quelques Poissons fossiles du nord de Madagascar.* Note de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans le nord de Madagascar, la base de la série sédimentaire est formée de couches détritiques dont l'âge exact est resté longtemps incertain. La découverte, par M. Waterlot, d'Ammonites très bien conservées, a permis récemment de rapporter au Permien supérieur toute la formation, qui, dans la région des monts Andavakoera, avait déjà fourni, avec quelques Céphalopodes, une riche faune ichthyologique signalée par A. Smith-Woodward, A. Merle et E. Fournier. Priem a ensuite donné une étude détaillée de ces Poissons.

Des échantillons recueillis par M. Waterlot dans la région d'Ambilobe me permettent d'indiquer la présence à Madagascar du genre *Acentrophorus* qui n'était signalé jusqu'à présent que dans le Permien supérieur d'Angleterre. *Acentrophorus*, de la famille des Sémionotidés, est un des plus anciens Poissons holostéens connus. La forme malgache montre très nettement, à côté des caractères typiques du genre et de la famille (morphologie de l'appareil operculaire, préopercule étroit, présence d'un interopercule), des traits de structure qui rappellent les Paléoniscidés (nageoire caudale hétérocerque). C'est surtout des espèces *varians* et *glaphyrus* qu'il faut rapprocher nos échantillons.

L'une des formes classées par Priem dans la famille des Paléoniscidés appartient sans aucun doute à celle des Catoptéridés et me paraît devoir être rapportée au genre *Perleidus* signalé dans le Trias du Spitzberg et de Lombardie. Les os de membrane du crâne présentent la même forme et les mêmes connexions dans l'exemplaire de Madagascar et dans *P. altolepis* de Lombardie et *P. Woodwardi* du Spitzberg. Les canaux sensoriels y suivent le même trajet; on voit très nettement, en particulier, le canal sus-orbitaire qui part du pariétal, passe dans le frontal pour descendre sans doute en avant de l'orbite. Ce canal sus-orbitaire se continue en arrière par une ligne sensorielle (organes en puits) homologue de la ligne antérieure d'*Amia calva* et des Téléostéens; deux autres légers sillons représentent, sur le pariétal, les branches moyenne et postérieure du même organe.

Sur le surtemporal on aperçoit la trace du canal sous-orbitaire. Dans

l'ensemble, c'est le dessin des canaux sensoriels des Paléoniscidés et de *P. Woodwardi*. Les rayons branchiostèges sont peu nombreux; le maxillaire, très élevé dans la région sous-orbitaire, s'amincit vers l'avant. Tous ces caractères se retrouvent chez *P. Woodwardi*. La morphologie des nageoires et la structure des écailles parlent aussi dans le sens d'une étroite analogie entre les fossiles de Madagascar et ceux du Spitzberg.

Il est intéressant de remarquer que par la structure de la tête (os de membrane, squelette viscéral) et le dessin des canaux sensoriels, ce genre *Perleidus* nous montre d'étroites ressemblances avec les Paléoniscidés, tandis que nous trouvons au contraire, dans les relations des éléments de soutien des nageoires avec leurs supports endosquelettiques, des analogies avec des Poissons plus évolués, les Protospondyles.

Très curieuse est la forme rapportée par Priem au genre *Pristisomus*, et qui, sans aucun doute, doit en être séparée. Le crâne présente dans sa structure (morphologie du préopercule et du maxillaire, extension de la région ethmoïdale) des caractères de Paléoniscidés et même de Paléoniscidés spécialisés. Mais l'existence d'un petit interopercule et l'absence d'hétérocercie la rapprochent des Holostéens.

Un certain nombre d'échantillons permettent d'étudier le squelette cérébral. La présence, dans cette forme, d'un canal pour l'insertion des muscles droits de l'œil (*myodome*) est indiscutable. Ce myodome, distinct de la chambre trigémino-faciale, a d'étroits rapports avec le canal transverse qui donne passage à la veine pituitaire.

Les points de sortie des nerfs craniens sont facilement identifiables et l'on détermine aisément la position du spiraculum.

Le trajet de certains nerfs (*n. ophtalmicus-trigemini* par exemple), indiqué par une légère rainure, a un aspect voisin de celui présenté par *Acipenser* et les Saurichtyidés. Les vaisseaux sanguins (carotide commune, division céphalique de l'aorte) paraissent avoir au contraire un dessin très particulier. L'importance de ces structures sera mise en évidence par une étude comparative détaillée; mais on peut dire dès maintenant que les ressemblances avec les Téléostéens ne sont pas moindres qu'avec les Ganoïdes actuels.

En résumé, l'étude du genre *Acentrophorus* nous conduit à préciser les affinités entre le groupe des Chondrostéens et celui des Holostéens; le genre

Perleidus nous permet de mettre en évidence, dans le réseau des canaux sensoriels du crâne, des analogies avec certaines formes vivantes; enfin, la troisième forme décrite éclaire, grâce aux détails de structure qu'elle montre, de nombreux points de la morphologie du crâne.

BOTANIQUE. — *Le Yagé, plante sensorielle des Indiens de la région amazonienne de l'Équateur et de la Colombie.* Note de MM. **Em. Perrot** et **Raymond-Hamet**, présentée par M. Guignard.

Il ne reste plus guère de drogues sensorielles ou toxiques à connaître que parmi certaines tribus de l'Amérique tropicale, du Mexique au Pérou. Les matériaux d'étude sont difficiles à se procurer et nombre de renseignements précis manquent encore concernant le Peyotl, l'Ayahuasca, le Caapi, le Huanto, le Yagé, le Yocco, etc. : il faut donc se contenter de pouvoir élucider, de temps à autre, quelques points obscurs de leur histoire et de dégager ainsi, peu à peu, des légendes, la vérité scientifique.

Après les récits du Dr Reinburg en 1921, l'un de nous a, le premier en Europe, attiré l'attention des pharmacologistes sur les préparations enivrantes des vieilles races autochtones du Haut-Amazone, décrites sous les noms de Yagé, Ayahuasca, Caapi, dont une seule et même plante, d'après nos recherches, semble fournir le principal ingrédient.

Le Yagé est une liane décrite par Villavicencio, pour la première fois, en 1858, sous le nom d'Ayahuasca, qu'elle porte dans l'Équateur. Le Caapi a été trouvé par Spruce et rapporté par Grisebach à une Malpighiacée, le *Banisteria Caapi*. Le voyageur français Crevaux, en 1883, rapporte que certains indigènes du sud colombien emploient une liqueur enivrante à base d'écorce de Yagé et que d'autres utilisent la racine jaune du Caapi. Rocha a confirmé, en 1905, l'usage du Yagé dans la Caqueta colombienne.

Zerda-Bayon, dans un rapport d'expédition scientifique en Colombie, a attribué au Yagé des propriétés merveilleuses, un peu fantaisistes, qui ont été vulgarisées en France par Warcollier. Le Dr Reinburg, expérimentant sur lui-même, confirme cependant une partie des effets euphoriques et des hallucinations visuelles provoquées par l'ingestion de la drogue.

En 1908, Koch-Grunberg, qui passa deux années chez les Indiens, rapporte le Yagé au *Banisteria Caapi* et Whiffen affirme que la liane est désignée, indifféremment, dans le nord-ouest de l'Amazone, sous les noms d'Ayahuasca et de Caapi.

Zerda-Bayon avait reconnu dans la plante la présence d'un alcaloïde qu'il dénomma *télépathine* en raison des propriétés qu'il lui attribuait. Mais c'est Cardenas qui le premier isola cet alcaloïde dont il fixa les caractères d'identité et le mode d'action pharmacodynamique. Enfin Villalba, sans citer les travaux antérieurs, extrait à nouveau deux alcaloïdes : l'un la *Yagéine*, contenue dans la feuille à la dose de 1,50 pour 100, l'autre la *Yagénine*, beaucoup moins abondant (0,025 pour 100) et non étudiée encore.

La Yagéine n'est autre que la télépathine et nous lui conservons ce nom. Les recherches de Villalba, confirmées par son élève Albarracin (1925), détruisent la plupart des légendes antérieures.

L'exploration récente d'un botaniste belge M. Claes, apporte quelques lumières sur la question; elle a permis de nouvelles observations de Michiels et Clinchart et nous a fourni également plusieurs échantillons qui, comparés avec ceux que possédait déjà le Muséum et la Collection de matière médicale de la Faculté de Pharmacie, ont donné lieu à la série d'observations, dont le résumé fait l'objet de cette Note, qui sera complétée par une autre publication très détaillée.

Les caractères extérieurs et microscopiques des tiges et des feuilles des Ayahuasca, Caapi et Yagé sont suffisamment concordants pour faire admettre une origine botanique commune; l'absence de tout organe sécréteur, canaux ou laticifères, de tissu criblé surnuméraire; la présence de poils en navette sur la feuille, la nature du morcellement du cylindre central de la tige si conforme à ce qu'a montré Chodat chez le *Banisteria Hassleriana*, permettent de rapporter toutes ces drogues au *Banisteria Caapi*.

Les différences rencontrées dans la forme plus ou moins lancéolée des feuilles, la présence ou l'absence des glandes à la base de certaines nervures secondaires, ne sont pas de nature à faire admettre pour elles des entités spécifiques; suivant les conditions extérieures, la plante paraît varier quelque peu et il y a sans doute de nombreuses variétés.

Par la méthode de Villalba, nous avons pu extraire, sans difficulté, de nos échantillons, une douzaine de grammes d'un alcaloïde, la *télépathine* (yagéine), cristallisé en belles aiguilles blanches, fusible à $+253^\circ$ et donnant les réactions colorées typiques suivantes :

1° SO^4H^2 *conc.* : coloration jaune verte; 2° SO^4H^2 *conc.* additionné de *bichromate de* K : stries fugaces bleu violet; 3° *acide nitrique :* vert passant au bleu verdâtre, puis bleu vert rabattu de noir (vulgo : vert magnifique);

si l'on chauffe alors au bain-marie la coloration devient bleu violet et si l'on évapore on a un résidu violet; 4° *réaction de Vitali :* si, à ce dernier résidu, on ajoute quelques gouttes d'une solution de potasse, on obtient une belle couleur orangée.

Action générale sur les animaux. — Cet alcaloïde a été expérimenté sur le pigeon, le cobaye et le chien. La *télépathine* est très active, sa dose léthale est d'environ 200^{mg} par kilogramme d'animal. A dose toxique, elle provoque de l'incoordination motrice, de la parésie et des convulsions. A dose mortelle, elle paralyse le centre respiratoire.

Action anesthésique locale. — Les essais ont été faits avec M. Regnier qui a appliqué sa technique personnelle connue. La solution à 0,4 pour 100 de chlorhydrate de *télépathine* a le même pouvoir anesthésique local qu'une solution à 0,2 pour 100 de *chlorhydrate de cocaïne.*

La télépathine (Yagéine) semble être chez l'homme un puissant stimulant provoquant de l'euphorie avec une augmentation de la mémoire et des facultés intellectuelles en même temps qu'une alacrité musculaire analogues à celles des caféiques.

Elle peut, en outre, provoquer chez l'homme à l'état de veille des hallucinations visuelles curieuses, mais il est absolument certain qu'elle est dépourvue des actions télépathiques ou métagnomigènes qu'on lui a naïvement attribuées.

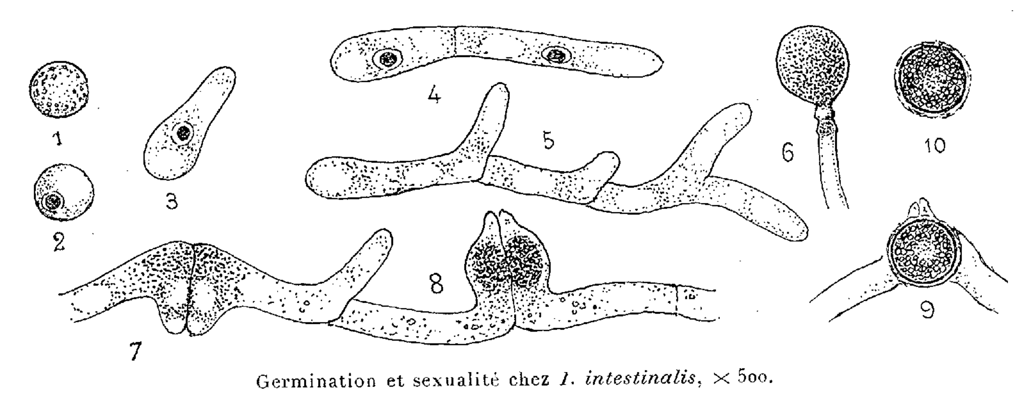
Enfin il semble que la télépathine ait le pouvoir de provoquer chez l'homme sain une glycosurie analogue à la glycosurie phloridzinique.

MYCOLOGIE. — *Sur la nature et l'évolution des « sphérules » décrites chez les Ichthyophones, Phycomycètes parasites de la Truite.* Note de M. **Louis Léger**, présentée par M. F. Mesnil.

Le genre *Ichthyophonus* a été créé en 1911 par Plehn et Mulsow pour un organisme parasite de la Truite, l'*I. Hoferi*, agent d'une maladie meurtrière découvert en 1893 par Hofer qui le considérait alors comme une Grégarine. Par la suite, Laveran et Pettit (1910) en font une Haplosporidie et Pettit en 1913 le rattache au genre *Ichthyosporidium*, bien que Plehn et Mulsow aient montré en 1911, à la suite d'essais de culture, qu'il s'agissait d'un champignon, voisin, selon eux, des Chytridinées. En 1923 Léger et Hesse ont décrit un nouvel Ichthyophone, *I. intestinalis*, dans la Truite sauvage et les Salmonides d'élevage qui, fort voisin du précédent, reste localisé au

tube digestif où il se multiplie par plasmotomie en donnant d'emblée huit ou seize éléments massifs multinucléés. Une autre espèce, *I. lotæ*, décrite par Léger en 1926 dans la Lote d'eau douce, ne diffère de la précédente que par sa taille plus petite et la forme souvent allongée des stades intestinaux.

Dans toutes ces espèces d'Ichthyophones, ainsi que Pettit l'a décrit le premier pour *I. Hoferi*, le terme de l'évolution du parasite dans l'hôte est représenté par des éléments sphériques uninucléés et à paroi résistante que cet auteur a désignés sous le nom de sphérules. On les trouve parfois en quantité innombrable dans l'intestin et les excréments des Truites infestées où certaines présentent même un début de germination que Pettit a fort bien vu et dessiné, mais sans suivre plus loin leur évolution, bien qu'il ait reconnu par l'expérience que les sphérules transmettent l'infection ([1]).



Germination et sexualité chez *I. intestinalis*, × 500.

1, spore (sphérule) *in vivo*; 2, 3, 4, spore et début de la germination (color. au fer); 5, naissance des rameaux (*in vivo*); 6, conidie; 7, 8, 9, sexualité (*in vivo*); 10, zygote mûr.

Chez *I. intestinalis* comme chez *I. Hoferi*, les sphérules, de 12 à 15$^{\mu}$ (*fig.* 1 et 2), diffèrent des stades endogènes par leur noyau unique à gros karyosome et la présence d'une masse de réserve qui rejette celui-ci à la périphérie. Sur le vivant, elles ont un aspect clair avec quelques grains superficiels épars, tandis que les formes de multiplication endogène, à noyaux nombreux, petits et massifs, sont plus grosses, jusqu'à 30$^{\mu}$ et plus, et à contenu finement granuleux, sombre, laissant une zone périphérique claire.

En vue de reconnaître la véritable nature du parasite, nous avons tenté de nombreux essais de culture de ces sphérules qui représentent certainement une forme de résistance destinée à gagner l'extérieur.

([1]) *Ann. Institut Pasteur*, 27, 1913, p. 986.

Or, en plaçant les sphérules sur un milieu approprié (nous avons à cet effet employé le bouillon de Truite gélosé), celles-ci germent rapidement en un long tube mycélien bientôt divisé en articles donnant chacun un petit rameau latéral (*fig.* 2, 3, 4 et 5). Et, au bout de 3 à 4 jours à la température de 15°, on obtient une belle culture en broussaille qui se montre bientôt parsemée de nombreux zygotes sphériques donnant l'aspect d'un buisson sans feuilles chargé de fruits.

Chaque zygote se forme au contact de deux articles voisins d'un même rameau, qui se renflent en se déprimant mutuellement et, après réduction nucléaire, donnent chacun un gamète. Les deux gamètes, ainsi formés en regard l'un de l'autre, se fusionnent et donnent un œuf sphérique de 25^{μ} de diamètre, qui se revêt d'une paroi très résistante formée d'écailles concentriques (*fig.* 7, 8, 9, et 10).

Sur milieu pauvre, le tube mycélien reste court, puis se fragmente, ou bien il émet un prolongement grêle à l'extrémité duquel son contenu se renfle en une conidie sphérique terminale (*fig.* 6) rappelant les images obtenues par Plehn et Mulsow dans leurs essais de culture de *I. Hoferi*.

Les figures de croissance, de conjugaison, de réduction, de fécondation, ainsi que la forme et les autres caractères du zygote et des conidies sont si semblables à celles des *Basidiobolus* étudiés par Eidam chez la Grenouille et par Lœwenthal chez le Lézard, qu'il ne peut y avoir aucun doute sur l'étroite parenté de notre parasite avec ce dernier genre. Les ressemblances sont même si étroites qu'elles nous autorisent à l'inclure dans le genre *Basidiobolus*. Et cela nous paraît d'autant plus justifié que Lœwenthal, à la fin de son Mémoire sur *B. lacertæ*, signale, en addendum, la découverte de stades de multiplication de ce parasite, sous forme d'éléments sphériques, dans l'estomac du Lézard; ce qui accentue encore l'analogie d'évolution avec notre *Ichthyphonus intestinalis*.

La conclusion qui s'impose c'est que les sphérules des Ichthyophones, décrites par Pettit chez *I. Hoferi* et par nous chez *I. intestinalis* de la Truite, sont les spores d'un Zygomycète de la famille des Entomophtorées et du type *Basidiobolus*, champignon qui, modifié par le parasitisme, évolue et se multiplie sous une forme massive dans le corps du Poisson. Nous reviendrons prochainement sur certaines modalités particulières de cette évolution.

Pour le moment, nous ferons remarquer que le type *Basidiobolus* se trouve ainsi représenté chez trois sortes de Vertébrés à sang froid, Poisson, Batracien et Reptile, et précisément chez ceux qui se régalent de mouches, berceau des Entomophtorées. C'est sans doute dans ces Entomophtorées

des Insectes qu'il faut rechercher l'origine de ces *Basidiobolus* à stades végétatifs et multiplicatifs plus ou moins modifiés par l'adaptation au milieu Vertébré.

PHYSIOLOGIE. — *Sur un accélérographe permettant la mesure directe des accélérations d'un oiseau en vol.* Note de MM. **Huguenard** et **A. Magnan**, présentée par M. d'Arsonval.

Les qualités aérodynamiques des oiseaux ainsi que les conditions mécaniques du vol sont encore trop mal connues pour que l'on puisse donner une explication précise de la propulsion et de la sustentation par battements d'ailes et un tel problème ne pourra être solutionné qu'à la suite d'expériences nouvelles.

Nous avons montré qu'il était possible d'évaluer par une méthode cinématographique les qualités aérodynamiques d'un oiseau qui plane [1], mais une telle méthode qui permet très bien d'étudier le vol battu au voisinage du sol offre de grandes difficultés d'application dans le cas du plein vol qui se fait le plus souvent à uue certaine altitude. Comme c'est ce plein vol qui fournit les renseignements les plus intéressants, nous nous sommes proposés de le comparer au vol battu au voisinage du sol.

Pour arriver à ce résultat, nous avons cherché à mesurer directement les accélérations de l'oiseau en vol à l'aide d'un accélérographe que nous avons imaginé. Nous avons disposé cet instrument sur le dos d'un pigeon voyageur qui peut porter sans difficultés une charge supplémentaire.

Cet accélérographe, de forme profilée et de dimensions réduites, mesure $7^{cm},5$ de long, 3^{cm} de large et 3^{cm} de haut; il pèse 55^{g} (*fig.* 1). Il comporte un cylindre enregistreur de 2^{cm} de diamètre, effectuant un tour en 6 secondes et donnant des diagrammes de 6^{cm} sur 2^{cm}, sur lesquels s'inscrivent les accélérations verticales au voisinage du centre de gravité de l'oiseau, le mouvement d'une aile ainsi que les vibrations d'une lame servant de chronographe; ces vibrations sont entretenues par le mécanisme enregistrant le mouvement de l'aile.

La grande légèreté de cet appareil a pu être obtenue par l'emploi comme masse accélérométrique du cylindre enregistreur et de son mouvement

---

(1) *Sur la détermination cinématographique des polaires en vol des oiseaux, des planeurs et des avions* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 802).

d'horlogerie, disposition grâce à laquelle les $\frac{4}{5}$ du poids de l'instrument sont utilisés comme masse accélérométrique.

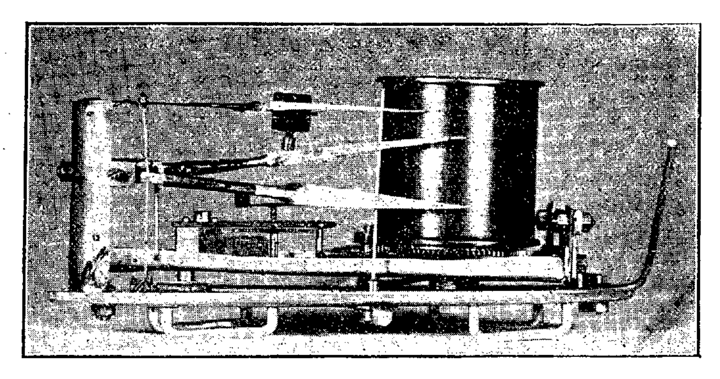


Fig. 1.

Ce petit accélérographe possède une période propre d'oscillation de $\frac{1}{20}$ de seconde et présentait au début une sensibilité de 1^{mm} par m/sec^2 d'accélération. Étalonné statiquement, il a été ensuite posé sur une lame vibrante munie d'nn entretien électrique. La comparaison des accélérations dues aux oscillations sinusoïdales de la lame et des tracés enregistrés par l'appareil a permis de vérifier l'exactitude de l'étalonnage précédent pour une fréquence d'oscillation voisine de celle de battement des ailes de pigeon, soit environ 5 par seconde.

Nous avons fixé alors l'accélérographe sur une sorte de corset qui enveloppait le corps du pigeon en laissant libres son cou, ses ailes, ses pattes et la queue. Un fil de soie tressé, relié aux pattes, se déroulait d'un moulinet et permettait de mesurer la vitesse et d'arrêter le vol de l'oiseau après un parcours déterminé.

Nous avons ainsi obtenu divers enregistrements qui nous ont montré dès le début que l'envol du pigeon à partir du sol provoquait des accélérations considérables, ce qui nous a amenés à réduire de moitié la sensibilité de l'accélérographe. La figure 2 reproduit la courbe tracée par l'instrument ainsi remanié au commencement du vol de l'oiseau lâché à $1^m,50$ du sol et s'éloignant à une très faible vitesse en battant fortement des ailes à raison de 6 à 8 coups par seconde. Les accélérations atteignent alors 4^g. La figure 3 représente une portion de courbe tracée par l'appareil dans un vol battu plus régulier que le premier et par conséquent plus proche du plein vol. Les coups d'ailes sont encore rapides, mais d'une amplitude plus faible.

Dans ces premiers essais, nous n'avons pas utilisé le chronographe, ni le dispositif d'enregistrement du mouvement de l'aile, en raison de la trop grande valeur des accélérations observées. En outre le résultat de ces

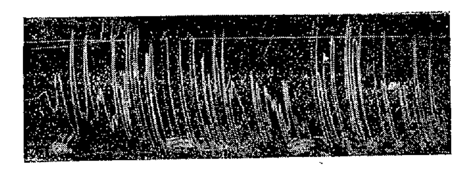


Fig. 2.

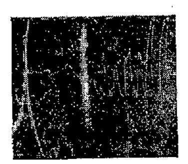


Fig. 3.

expériences nous a amenés à construire un mécanisme supplémentaire, commandé par les battements d'aile, qui aura pour fonction de déclencher le cylindre enregistreur au bout d'un nombre de battements déterminé de manière à n'enregistrer le mouvement des trois styles qu'au moment où l'oiseau sera en plein vol. Nous pourrons alors abandonner complètement un pigeon à quelques kilomètres de son colombier par temps calme.

Les accélérations relevées dans ces conditions, avec l'amplitude des coups d'ailes en fonction du temps, nous permettront d'évaluer avec précision les qualités aérodynamiques de l'oiseau pendant son vol.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches quantitatives sur l'excitabilité de l'appareil du goût chez l'Homme.* Note de M. et Mme **A. Chauchard**, présentée par M. Henneguy.

La sensibilité gustative a été mesurée de plusieurs manières. La plus usitée consiste à déterminer le seuil de la sensation pour des solutions sapides de concentrations diverses que l'on applique sur les papilles (Valentin, Toulouse et Vaschide). On la mesure aussi par le temps de réaction à l'excitant. C'est ainsi qu'ont procédé von Vintschgau, Beaunis, Ch. Henry, H. Piéron.

La méthode gustatométrique est d'une application délicate, les liquides se diffusent à la surface de la muqueuse, le seuil est difficilement mesurable. D'autre part, la méthode des temps de réaction est trop exclusivement subjective. En outre ces méthodes ne permettent pas de comparer l'excitabilité de l'appareil gustatif à celle des autres éléments, sensoriels, sensitifs, moteurs, sécrétoires qui, toutes, sont étudiées au moyen de

l'excitant électrique, le seul qui permette d'analyser avec précision ces phénomènes. C'est ce qui nous a engagés à adopter comme critérium ce que les auteurs appellent le *goût électrique*.

On sait depuis les travaux de Henle et Meissner, Neumann, Du Bois Reymond, Rosenthal, que l'application d'un courant électrique sur la pointe de la langue provoque une sensation que les uns qualifient d'acide, les autres de piquante. Ce moyen a été utilisé pour établir la topographie gustative de la muqueuse linguale et aussi pour l'étude de l'agueusie.

Notre exploration a porté sur les diverses parties de la face supérieure de la langue. La sensation est aussi nettement perçue au niveau du V lingual qu'à la région antérieure de l'organe, exception faite de la zone que Schreiber a montrée être insensible à toutes les saveurs; il est facile d'en déterminer le seuil. Il était dès lors indiqué d'étendre à l'appareil du goût la méthode générale d'étude quantitative de l'excitabilité et d'en mesurer la chronaxie.

Sur la nuque du sujet en expérience, nous appliquons comme anode une plaque d'argent qu'enveloppe une compresse de gaze imbibée de solution physiologique de chlorure de sodium. La cathode, que nous portons sur le point de la langue à exciter, est une électrode impolarisable du type d'Arsonval-Lapicque, ou bien un fil d'argent à extrémité mousse. Les électrodes sont reliées soit à un chronaximètre, soit au circuit d'excitation utilisé par Lapicque pour les mesures d'excitabilité.

Les expériences ont été faites sur dix sujets; dans chacune d'elles la cathode est placée successivement sur l'extrémité de la langue et sur les papilles du V lingual. Au chronaximètre on trouve que les valeurs de la chronaxie sont comprises entre $1^\sigma,4$ et $1^\sigma,8$ pour l'extrémité de la langue, entre $0^\sigma,3$ et $0^\sigma,5$ pour le V lingual. La rhéobase est, en général, plus élevée pour cette dernière région. La méthode des condensateurs nous donne des résultats concordants. Dans cette série d'expériences, la résistance qui intervient dans le calcul de la constante de temps (circuit et shunt) est égale à 11500 ohms; en série sur le sujet, nous plaçons une résistance de même valeur. La capacité pour un voltage double du voltage rhéobasique est comprise entre 0,35 et 0,40 microfarad pour la portion antérieure, entre 0,09 et 0,10 microfarad pour la région postérieure, soit une chronaxie de $1^\sigma,4$ à $1^\sigma,6$ pour l'une, de $0^\sigma,4$ à $0^\sigma,5$ pour l'autre.

Nous avons cherché comment varie le voltage liminaire quand on fait varier le temps de passage du courant (ou la capacité). Voici les résultats de deux expériences. Dans l'une, les déterminations ont été faites par la

méthode des condensateurs; dans l'autre, au chronaximètre. On a excité successivement la région antérieure et la région postérieure (V lingual) :

1° *Condensateurs.*

Région antérieure. Capacité en farad 10^{-6}.	Voltage.	Région postérieure. Capacité en farad 10^{-6}.	Voltage.
10	11	11	30
3	13	3	30,5
2	14,2	2	32
1	17	1	42
0,45	22	0,50	50
0,30	31	0,14	60
0,20	42	0,05	90
0,10	60		

2° *Chronaximètre.*

Région antérieure. Capacité en farad 10^{-3}.	Voltage.	Région postérieure. Capacité en farad 10^{-3}.	Voltage.
40	2	15	3,4
20	2	10	3,4
10	2,6	5	4,4
5	3,4	3	4,8
2	4	0,9	6,2
1	4,6	0,4	7
0,5	5,6	0,2	8
0,2	7,6	0,1	10

Comme dans le cas des autres éléments excitables, le voltage décroît avec la durée du stimulus jusqu'à une limite au delà de laquelle il ne s'abaisse plus quelle que soit la prolongation du passage du courant.

Sur les courbes établies avec les chiffres ci-dessus, on retrouve les deux mêmes valeurs de chronaxie que par la mesure directe.

Il est admis actuellement que les nerfs gustatifs de la langue sont le glosso-pharyngien pour le tiers postérieur, la corde du tympan pour les deux tiers antérieurs. D'après certains auteurs, toutes les fibres gustatives, même celles de la corde du tympan, appartiennent au glosso-pharyngien qu'elles rejoignent par des anastomoses au cours de son trajet ou au niveau de son origine bulbaire. Pour d'autres elles se rattachent à deux systèmes distincts. Il semble bien que l'inégalité des chronaxies apporte un argument décisif en faveur de cette dernière opinion.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la respiration*, in vitro *du sang de divers animaux homéothermes*. Note [1] de M. **Jean Roche** et Mme **Eugénie Siegler-Soru**, présentée par M. A. Desgrez.

Le rapport liant la production calorique d'un organisme à l'intensité respiratoire de ses tissus n'a pas encore pu être précisé d'une façon définitive. En effet les résultats expérimentaux et les opinions divergent également, qu'il s'agisse de l'intensité respiratoire *in vitro* des tissus ou de la participation d'une « masse active » à la production calorique des différents animaux. Si l'on adopte la manière de voir de Wells, de Kayser et Le Breton, les différences observées dans la production calorique ont, au moins partiellement, pour origine une différence dans l'intensité respiratoire des tissus. Au contraire suivant Büchner et Grafe, Grafe, Terroine et Roche, la respiration des tissus homologues, *in vitro*, étant à peu près la même chez des animaux de production calorique différente, cette dernière devra être commandée par des facteurs extracellulaires. Or, sans discuter la valeur des méthodes employées par les divers auteurs, il est permis de noter que, en ce qui concerne l'intensité respiratoire des tissus, des résultats contradictoires ont été obtenus avec une même technique, celle de Warburg, qui, au reste, paraît être la meilleure parmi celles proposées jusqu'ici. Ne faut-il pas voir là un indice de la réelle difficulté de maintenir intacts les échanges d'un fragment d'organe isolé et finement disséqué? Il nous a semblé que le sang, mieux que tout autre tissu, pouvait être étudié *in vitro* dans des conditions voisines de celles où il se trouve *in vivo*, car son prélèvement n'entraîne pas une altération grave d'une partie de ses cellules. Cette expérimentation a déjà été ébauchée autrefois par Schutzenberger et par Hoppe-Seyler. Depuis, Warburg observa :

1° Que des globules rouges nucléés (sang d'oie) consomment plus d'oxygène que des globules rouges anucléés (sang de lapin), ce qui, d'après cet auteur, est une preuve du rôle prédominant du noyau dans la respiration de la cellule; 2° que des globules rouges de sang de lapin consomment environ deux fois plus d'oxygène que des globules rouges de sang de bœuf.

Aussi nous a-t-il paru qu'il y avait intérêt à étudier la consommation d'oxygène *in vitro* des sangs de différents homéothermes pour déterminer : 1° si les divers sangs présentent entre eux dans leur intensité respiratoire

(1) Séance du 16 mai 1927.

des différences analogues à celles de la production calorique des animaux dont ils proviennent; 2° si les sangs à globules rouges nucléés présentent toujours une intensité respiratoire supérieure à celle des sangs à globules rouges non nucléés.

Nous avons opéré sur du sang défibriné d'animaux adultes maintenu à l'abri de l'air pendant 1 heure au thermostat à 20°, et cela immédiatement après sa sortie des vaisseaux. Un dosage de l'oxygène par la méthode Nicloux-Roche est fait sur une partie aliquote au début de l'expérience et un autre sur le sang resté 1 heure au thermostat. La différence entre la teneur en oxygène du sang dans les deux essais correspond à l'oxygène consommé.

Voici le tableau des moyennes de nos résultats, exprimées en centimètres cubes d'oxygène à 0° et 760^{mm} pour 100$^{cm^3}$ de sang. Nous y joignons les valeurs moyennes, empruntées à Krogh [1], de la production calorique des animaux exprimée en calories par heure et par kilogramme.

A. *Sangs à globules rouges non nucléés.*

Espèce animale.	Cheval.	Bœuf.	Porc.	Mouton.	Chien.	Lapin.	Cobaye.
Oxygène consommé........	1,10	1,26	1,99	2,07	2,15	2,72	2,98
Nombre de déterminations..	3	6	6	6	6	6	6
Calories produites par kg./h.	0,5	–	0,8	–	2,5	3,5	6

B. *Sangs à globules rouges nucléés.*

Espèce animale.	Oie.	Dindon.	Canard.	Poulet.	Pigeon.
Oxygène consommé....................	3,05	2,86	3,03	3,22	3,78
Nombre de déterminations...........	6	2	3	8	6
Calories produites par kg/heure.......	3,5	–	5	5	10

Les consommations d'oxygène des sangs et la production calorique des animaux correspondants s'ordonnent de manière identique. Mais leurs valeurs respectives ne présentent aucune proportionnalité. Alors que la production calorique du cobaye est, par unité de poids, 12 fois plus grande que celle du cheval, la respiration de son tissu sanguin est égale à 2,7 fois celle du sang de cheval. Les sangs d'animaux de production calorique nettement différente (lapin et cobaye par exemple) peuvent même présenter des consommations d'oxygène très voisines.

---

(1) A. Krogh, *The respiratory exchange of animals and man* (*Monogr. on biochem.*, Longmans, Green and Cie, London, 1916, 173 pages).

L'identité de la consommation d'oxygène de sangs à globules rouges anucléés et de sangs à globules rouges nucléés (cobaye et oie) montre que le noyau n'intervient pas nécessairement dans l'intensité de la consommation d'oxygène de la cellule sanguine.

Il ressort en outre de constatations faites dans la même série d'expériences, dont le détail sera publié dans un autre recueil, qu'aucun rapport ne paraît relier entre eux dans les sangs d'animaux de diverses espèces : d'une part la teneur en hémoglobine — donc le degré de saturation en oxygène — et le nombre de globules rouges ou blancs et, d'autre part, la consommation en oxygène.

L'ensemble de ces résultats n'exclut pas absolument la participation d'un élément propre aux tissus dans les différences présentées par la calorification de divers homéothermes. Mais il indique aussi, par la faiblesse des écarts dans la respiration du sang des divers animaux, qu'il faut chercher en dehors des tissus la cause principale de la calorification des homéothermes.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur les organes céphaliques transitoires de l'alevin d'*Acara tetramerus *Heckel*. Note de Mlle **M.-L. Verrier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'existence d'organes céphaliques transitoires a été signalée chez les larves de Lepidosiren et de Protoptère parmi les Dipneustes, et chez un certain nombre de Ganoïdes où leur développement et leur structure ont été particulièrement étudiés par Eycleshymer et Wilson [1], Reighard et Phelps [2] chez *Amia*, par Sawadsky [3] chez *Acipenser rutheaus* L. Budgett [4] en a fait connaître la présence, parmi les Téléostéens, chez un Mormyridé l'*Hyperopisus bebe* Lacep et chez un Characinidé le *Sarcodaces odoe* Bl. où il en a indiqué rapidement le nombre et la situation, sans en préciser la structure.

J'ai observé chez des alevins d'un Cichlidé, l'*Acara tetramerus* Heckel, l'existence, à la région frontale, d'organes discoïdes présentant en leur

---

(1) *Biol. Bull. Woods Hole*, **14**, 1908, p. 134-148.
(2) *Journ. Morphol.*, **19**, 1908, p. 469-496.
(3) *Anat. Anz.*, **40**, 1911, p. 356-378.
(4) *Trans. Zool. Soc. London*, **16**, 1901, p. 130-131.

centre une dépression circulaire et faisant, à la surface du tégument, une saillie plus ou moins accusée suivant l'âge de l'individu étudié. Ces organes sont toujours au nombre de six et forment deux groupements très nets. Le groupe antérieur comprend deux organes placés immédiatement en arrière des orifices nasaux, et disposés symétriquement de part et d'autre du plan médio-sagittal de la tête. Le groupe postérieur occupe le sommet de la tête et se trouve constitué de quatre organes, deux de chaque côté du plan médio-sagittal de la tête de l'alevin.

Ces organes existent chez l'alevin avant l'éclosion : ils peuvent être vus par transparence à travers la coque. Ils atteignent leur maximum de développement deux ou trois jours après l'éclosion chez des alevins de $3^{mm},5$. Ils régressent ensuite et ont presque disparu au moment de la résorption du vitellus. Il n'en existe aucune trace chez l'adulte.

Sur des coupes pratiquées verticalement dans des têtes d'alevins, chaque organe se montre formé par la réunion d'une vingtaine de cellules disposées en une seule assise autour d'une cavité centrale, sorte de canal ou plutôt d'alvéole de 50^{μ} de profondeur. Ces cellules sont semblables de forme et de structure. Ce sont des éléments cylindriques atteignant jusqu'à 40^{μ} de hauteur sur 10^{μ} de largeur. Le noyau, granuleux et arrondi, occupe toujours la région profonde de la cellule où il est entouré d'une couche de protoplasme dense. A mesure que l'on se rapproche de l'extrémité de la cellule en contact avec la cavité centrale, on voit le protoplasme s'individualiser en sphérules de mucus, qui, en certains points, s'échappent par rupture de la paroi de la cellule, dans la lumière de la cavité. Cet ensemble rappelle la morphologie d'une glande muqueuse du type alvéolaire simple.

Sur des coupes perpendiculaires aux précédentes, on peut voir d'épais tractus de sécrétion muqueuse se porter d'une cellule à une autre, s'anastomoser et former une sorte de réseau à l'entrée du canal. Cette sécrétion paraît avoir pour effet de permettre aux alevins d'adhérer les uns aux autres; il est très rare, en effet, d'observer des alevins d'*Acara* isolés avant la résorption du vitellus; ils sont généralement agglutinés par leur tête, par groupe d'une dizaine.

Par leur nombre et leur situation, les organes céphaliques de l'alevin d'*Acara tetramerus* rappellent ceux de l'*Hyperopisus bebe;* leur structure se rapproche de celle des organes céphaliques de l'*Amia;* enfin, comme dans ces deux espèces, ils peuvent être considérés comme des disques adhésifs.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur le stade médusoïde des Vélleles.* Note de M. **Jules Barrois**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les Vélleles ayant été cette année assez fréquentes à Villefranche, j'ai eu la bonne fortune de rencontrer un stade du développement de ces animaux dont il n'existe, à ma connaissance, aucune mention dans les travaux publiés jusqu'à ce jour.

Ce stade ne présente encore aucune trace de pneumatophore, il ne flotte pas à la surface de la mer, mais se trouve en suspension au milieu du liquide salin, il présente l'aspect et la configuration d'une jeune méduse, comprenant *ombrelle* et *cavité sous-ombrellaire*, la première dirigée en avant pendant la natation, la seconde occupant l'extrémité postérieure sur laquelle elle débouche par une ouverture entourée d'un cercle de huit tentacules.

On sait que chez les méduses du groupe des Géryonides, l'ombrelle fortement renflée a la forme d'une cloche à peu près sphérique dont une petite partie seulement se trouve remplie par la chambre sous-ombrellaire qui en occupe l'extrémité postérieure. Telle est aussi la disposition du stade médusoïde des Vélleles. Doublant intérieurement l'épiderme de cette ombrelle en forme de cloche sphérique, se trouve un épais feuillet présentant les caractères ordinaires de l'endoderme des Siphonophores. Enfin, sur la portion de ce feuillet superposée à la chambre sous-ombrellaire, se voit déjà l'indication de l'épaississement central (épaississement hépatique) et des huit canaux radiaires qui en divergent pour se rendre aux tentacules.

Après ce stade seulement, se forme le pneumatophore; il résulte de la sécrétion d'une bulle d'air à l'intérieur de la chambre sous-ombrellaire. Par suite de cette sécrétion, toute la portion correspondante se trouve entraînée avec cette bulle, vers la surface de la mer où la jeune méduse se met à flotter dans une position renversée, soutenue par la chambre sous-ombrellaire transformée en flotteur, tandis que l'ombrelle, devenue postérieure, se perce d'une ouverture au pôle apical pour former le gastrozoïde primitif. Notre jeune méduse se trouve ainsi convertie en un organisme présentant tous les caractères fondamentaux du type Siphonophore, nous sommes passés du *stade médusoïde* au *stade Rataire*.

Le développement embryonnaire des Siphonophores, tel que nous le connaissions, ne nous avait jusqu'ici appris qu'une chose, c'est que le zooïde primitif dont provient la colonie est issu de la division d'une *larve du type planula* en deux parties se faisant suite : en avant, la partie destinée à

former le pneumatophore; en arrière, la partie destinée à former le gastrozoïde central sur lequel se produiront les bourgeons, et dans l'interprétation de l'organisme Siphonophore la plus généralement acceptée, ces deux parties se faisant suite étaient regardées comme assimilables, la première, au flotteur formé par l'ombrelle d'une méduse du type Sarsiade retroussée sur elle-même, la seconde, au manubrium garni de bourgeons de la même méduse.

La genèse du zooïde primitif représenté par la Rataire nous montre que ce mode de développement des Siphonophores jusqu'ici connu ne représente qu'un mode de développement abrégé résultant de l'enjambement du stade médusoïde encore existant chez les Vélleles; et la transformation de ce stade médusoïde en Rataire, que les représentants de ce dernier groupe nous permettent d'observer, nous donne le moyen de reconnaître à quelles parties du Siphonophore correspondent exactement les différentes parties de la méduse dont il provient.

On voit ainsi que ce n'est pas du manubrium, mais de l'ombrelle de la méduse, que provient le gastrozoïde central, et que la chambre du flotteur n'est de son côté autre chose que la cavité sous-ombrellaire refoulée vers la surface par la bulle d'air formée à son intérieur, manière de voir qui se trouve d'ailleurs en parfaite harmonie avec les rapports de structure assez intimes, signalés par certains auteurs entre le pneumatophore et la chambre sous-ombrellaire.

MÉDECINE. — *Sur l'origine physiologique du cancer. Géophysique d'un milieu pathogène. Aperçu d'une causalité universelle.* Note [1] de M. **Stelys**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie l'observation d'un fait établissant une relation étiologique entre les endémies de dégénérescence néoplasique et le milieu ambiant dans le Massif Central.

Le tracé de l'endémie cancéreuse de Clermont, établi sous les auspices de la *Société des Sciences médicales de Clermont-Ferrand,* décrit le fait dans les limites géographiques d'une cité [2].

Obtenu par le pointé des cas de décès par cancer après un séjour des sujets défunts d'au moins une année dans la même habitation, et sur une

(1) Séance du 25 avril 1927.

(2) *Archives médicales du Centre*, **11**, VI, avril 1926, p. 9-10.

durée expérimentale de deux lustres, l'un antérieur et l'autre postérieur à la Guerre, ce relevé topographique donne deux cartes remarquablement superposables. Il montre la distribution principale des maisons à cancer, *le long d'une dénivellation du territoire urbain qui traduit une cassure volcanique du sous-sol,* étendue du Nord au Sud, sur le versant ouest du dôme pépéritique occupé par la ville, et *autour des sources bicarbonatées mixtes carboniques* qui émanent de cette faille (Ph. Glangeaud); notamment *au voisinage des fontaines pétrifiantes de Saint-Allyre et du Pont-Naturel*, où l'histoire locale relate la création d'une des plus importantes léproseries du moyen âge et la rencontre, autour de ses « quatre recluses », de gens porteurs de tumeurs incurables de toutes sortes (Grégut).

La zone de léthalité ainsi jalonnée par les vestiges d'une révolution plutonique, où *l'anhydride carbonique abonde au milieu de constants dégagements gazeux et radioactifs*, correspond à la présence d'une atmosphère très ionisée, et asphyxique, sous un climat normalement très sec (E. Mathias).

Un semblable déterminisme s'observe chez les animaux domestiques et sauvages, qui en témoignent à première vue par une multiplicité extraordinaire de *dermatoses bénignes et malignes*, à l'instar de la population humaine. Le phénomène est surtout remarquable sur les failles bordières de la fosse géosynclinale de la Limagne, — contre le voussoir de la chaîne des Puys à l'Ouest, de Royat à Châtel-Guyon, contre le voussoir du Forez à l'Est, de Thiers à Châteldon, voire au niveau des failles médianes que suit le lit de l'Allier, de Sainte-Marguerite à Beauregard-Lévêque, où les principaux centres pathogènes s'étagent *en se caractérisant par un myxœdème séculaire*, à l'exemple des endémies classiques de la Suisse. Dans la généralité des animaux tués sur la place de Clermont-Ferrand, les observateurs autorisés font encore remarquer une singulière propension des organes viscéraux à produire les plus énormes métaplasies autour des points d'irritation traumatique et des corps étrangers enkystés.

La végétation spontanée ou cultivée confirme *l'action hypertonique* de l'ambiance dans les mêmes milieux, et la succession de *ses effets de stimulation et de dégénérescence* qui accusent son rôle cancérigène conformément aux données du *cancer expérimental.* S'il faut un exemple positif, il conviendra de retenir le *cas des sycomores du Parc thermal de Royat*, sis à proximité du *griffon* alimentant en eau carbo-gazeuse le célèbre établissement de la Source Eugénie, et restent de la sorte étroitement soumis au jeu des éléments telluriques, des rayons β et de CO^2, dont les influences sont manifestement vaso-dilatatrices (Teissier) de nature à déterminer l'éréthisme du

centre nerveux de la respiration chez l'homme et l'animal (Nicloux) et vraisemblablement chez la plante (J. Bose), l'exaltation des organes sécrétoires et des ferments oxydasiques, en somme le fonctionnement vicié du système neuro-végétatif.

En se plaçant à un point de vue général, il semble que l'apparition du cancer constitue une réplique des tissus irrités par un excès d'acide carbonique ou une carence d'oxygène dans le milieu nutritif ou ambiant. D'où exaltation fonctionnelle du noyau caractérisant les états germinatifs (Boveri, Regaud) en raison de son rôle oxygénant et diastasique qui mesure son pouvoir trophique (Fishel, M. Prenant).

D'où également élévation défensive du rapport nucléo-plasmatique (Fauré-Fremiet).

Les questions de contagion et d'hérédité s'éclairciront certainement par l'étude physique du lieu et de l'habitat.

A 16^{h} l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre libre, vacante par le décès de M. *Haton de la Goupillière*, présente par l'organe de M. le Président la liste suivante :

En première ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Charles Achard**, **Louis Martin**.
En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Armand de Gramont**, **Paul Helbronner**.
En troisième ligne, ex æquo par ordre alphabétique.	MM. **Jacques Cavalier**, **Henri Pottevin**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17^{h}30^{m}.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 4 avril 1927.)

Note de MM. *André Kling* et *Daniel Florentin*, Sur les transformations des phénols en hydrocarbures en présence de catalyseurs et d'hydrogène sous pression :

Page 887, ligne 13, *au lieu de* mais sont constitués par des mélanges aliphatiques, *lire* mais sont constitués par des mélanges de cyclohexane et de carbures aliphatiques.

(Séance du 25 avril 1927.)

Note de M. *Edmond Vellinger*, Le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique :

Page 1010, légende de la figure, intervertir les deux traits, la première ligne correspondant au trait pointillé, la deuxième au trait plein.

(Séance du 2 mai 1927.)

Note de M. *Ph. Joyet-Lavergne*, La teneur en glutathion réduit est un caractère de sexualisation du cytoplasme :

Page 1090, ligne 6, *au lieu de* La teneur en glutathion est un caractère..., *lire* La teneur en glutathion réduit est un caractère....

(Séance du 16 mai 1927.)

Note de M. *Maurice Hamy*, Sur une règle empirique concernant le grossissement d'une lunette :

Page 1149, fin de la Note, *ajouter :* En conséquence, on trouve $G = 2D$, en remplaçant L par l'arc de $4'$ qui correspond à une action séparatrice de l'œil s'exerçant sans effort.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MAI 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 7 juin au lieu du lundi 6.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Votocek**, professeur à l'École polytechnique et membre de l'Académie des sciences et des arts de Prague, qui assiste à la séance.

GÉOLOGIE. — *Sur le terrain houiller d'Anzin.* Note (¹) de MM. **Ch. Barrois**, **Paul Bertrand** et **Pierre Pruvost**.

Le progrès de l'exploitation, joint à l'obligeance éclairée du Directeur général de la Compagnie des Mines d'Anzin, nous ont permis de reconnaître, dans cette concession, un certain nombre de niveaux paléontologiques, et de les repérer d'une façon précise; leur découverte est une contribution nouvelle à la connaissance générale du bassin. Nous avons été aidés dans cette exploration par M. l'ingénieur en chef Courtinat, par MM. les ingénieurs Balazuc, Detuncq et Carpentier, par M. Lequime, géomètre.

Les fosses Thiers et Cuvinot, situées au sud de la faille Reumaux, exploitent, à proximité de la frontière belge, un gisement très régulier de terrain houiller, qui pend au Sud de 30 à 45° et dont la puissance totale dépasse 1700m.

(¹) Séance du 23 mai 1927.

Le gisement comprend de la base au sommet, un faisceau, épais de 325^{m}, de veines demi-grasses (13 à 16 pour 100 M. V.), dites Veines du Nord, numérotées de 1 à 9, la neuvième étant l'inférieure. Ce groupe est surmonté d'une mince zone stérile, au-dessus de laquelle vient le faisceau de Meunière (225^{m}), comprenant les veines demi-grasses (16 à 20 pour 100 M. V.) : Grande Veine, Pritanière, Rosière, Boulangère, Meunière, que recouvre un faisceau pauvre (240^{m}), celui des Veines Laitière, Faitière, Baleine, Arpentine, Pouilleuse. Après quoi, la série se couronne par le puissant faisceau gras, épais de 900^{m}, des Veines du Sud (ou faisceau de Cuvinot) comprenant, à la fosse Cuvinot, le groupe des Veines n° 8 (= V. Louis-Joseph) à n° 1 (19 à 21 pour 100 M. V.), surmonté du groupe de 1re Veine du Sud à 27e Veine du Sud (22 à 29 pour 100 M. V.).

Il nous a été possible de faire dans ce gisement la découverte successive de trois niveaux marins repères.

I. *Niveau marin de la passée de Laure.* — A la base de la série, formant le toit d'une passée entre Veines n° 8 et n° 9 du Nord, un schiste à *Lingula mytiloides*, *Nuculana acuta, Productus scabriculus*, représente l'invasion marine de la passée de Laure. Nous l'avons suivi, sur le flanc sud de la faille Reumaux, depuis la concession de l'Escarpelle jusqu'à la frontière belge. Il est situé en pleine flore à *Neuropteris Schlehani* et *Sphenopteris Hœninghausi*, que l'on recueille dans les Veines du Nord de Cuvinot. Ces veines correspondent bien à ce que nous avons appelé l'*Assise de Vicoigne* (zone A_2 de Zeiller).

II. *Niveau marin de Poissonnière.* — A 200^{m} environ au-dessus du niveau marin de Laure, se trouve une autre couche marine, celle de Poissonnière. Nous l'avons reconnue au toit d'une passée située à 20^{m} au-dessus de Veine n° 1 du Nord, dans le stérile inférieur au faisceau de Meunière ([1]). Ce niveau marin forme la limite inférieure de l'*Assise d'Anzin*. Et, en effet, le faisceau de Meunière est caractérisé par la flore à *Lonchopteris rugosa*. *Alethopteris Davreuxi*, *Sphenopt. neuropteroides*, la faune limnique à *Carbonicola similis*, qui sont celles de cette assise.

III. *Niveau marin de Rimbert.* — Enfin la présence d'un troisième niveau marin a été relevée à la fosse Cuvinot : c'est le toit de la passée au mur de Veine Louis-Joseph (= p. au mur de 1re Veine du Sud de fosse Thiers). Il est donc situé à la base du faisceau gras de Cuvinot. Ce sédiment marin, épais de 15^{m}, placé à la partie inférieure d'un horizon stérile en charbon de plus de 40^{m}, dont le sommet est gréseux, se signale par sa faune très riche :

([1]) A la fosse d'Haveluy, située plus à l'ouest, la couche Poissonnière est une passée à 30^{m} sous Veine Charlotte. Son toit renferme, comme à Cuvinot, *Productus scabriculus*.

de brachiopodes (*Productus scabriculus, Prod. cora, Rhynchonella pleurodon, Chonetes hardrensis, Lingula mytiloides, Orbiculoidea nitida*), de lamellibranches (*Pseudamusium fibrillosum, Aviculopecten stellaris, Schizodus antiquus, Nuculana acuta, Nucula gibbosa, Edmondia accipiens*, etc.), de céphalopodes (*Anthracoceras ægyranum* H. Schmidt, *Gastrioceras* sp., *Orthoceras* sp.), auxquels il faut joindre encore : *Bellerophon moravicus, Cypridina Phillipsi, Hyolites Sturi*.

Situé à 665^{m} environ au-dessus du niveau marin de Laure et à 465^{m} au-dessus de Poissonnière, dans la même coupe de terrains, cet horizon marin correspond à celui de Veine Aegyr en Westphalie, dont il contient la goniatite caractéristique (*A. ægyranum*). Il est également assimilable, par sa position stratigraphique, au niveau marin de Petit-Buisson dans le bassin de Mons, et de Rimbert dans le bassin du Pas-de-Calais.

L'étude de la flore terrestre et de la faune limnique de part et d'autre de ce niveau à Anzin nous a montré :

1° Que les veines immédiatement inférieures (Pouilleuse, Arpentine, Baleine) renferment la flore B_2 à *Alethopteris Davreuxi* et à *Lonchopteris* rares du *sommet de l'Assise d'Anzin*. Nous désignerons ce groupe paléontologique sous le nom de « faisceau de Pouilleuse »;

2° Que les couches immédiatement supérieures (jusque 1re Veine du Sud de Cuvinot = 13^{e} Veine du Sud de Thiers) contiennent une flore à *Mariopteris Sauveuri, Neuropt. linguæfolia* P. Bert., *N. flexuosa* (Sternb.) Brong., *Sphenopt. striata, S. neuropteroides*, d'où les *Lonchopteris* sont définitivement absents et où *Neur. tenuifolia* commence à s'épanouir. Les *Carbonicola* sont disparues : seule *Naiadites* subsiste encore. Ceci correspond à la zone B_3 de Zeiller et à ce que nous avons appelé, dans le Pas-de-Calais, « faisceau de Six-Sillons », *terme inférieur de l'Assise de Bruay;*

3° Qu'à partir de 1re Veine du Sud, vers le haut, on voit se développer la flore C, à *Neur. Scheuchzeri, N. rarinervis, Alethopt. Serli* et *Linopteris*, la faune limnique à *Anthracomya Phillipsi, A. Wardi*, les *Naiadites* étant totalement éteintes. Ce sont les caractères du « faisceau d'Ernestine » de l'Assisé de Bruay : ils n'apparaissent qu'à 250^{m} au moins au-dessus de Rimbert à Anzin. Ainsi le groupe de veines que nous avions provoirement distingué sous le nom de « faisceau de Cuvinot » doit être considéré maintenant comme équivalent aux faisceaux de Six-Sillons, d'Ernestine, et peut-être de Dusouich, de Lens.

Divisions paléontologiques.		Bassin du Pas-de-Calais. (Puissance totale : 1650ᵐ).	Bassin du Nord (F. Cuvinot). (Puissance totale : 1950ᵐ).
Assise de Bruay à *Neur. tenuifolia* (930ᵐ minim.)	Zone à *Neur. Scheuchzeri, Linopteris* et *Anthracomya Phillipsi* (C)	*Faisceau d'Édouard* (380ᵐ)	
		Veine Édouard (Lens)	
		Faisceau de Dusouich (200ᵐ)	27ᵉ Veine du Sud
		Veine Arago (Lens)	(650ᵐ) — *Faisceau de Cuvinot* (900ᵐ)
		Faisceau d'Ernestine (150ᵐ)	
		Veine Omérine (Lens) = 24ᵉ Veine (Bruay)	1ʳᵉ Veine du Sud
	Zone à *Neur. flexuosa* et *Mariopt. Sauveuri* (B₃)	*Faisceau de Six Sillons* (200ᵐ)	(250ᵐ)
III. **Niveau marin de Rimbert**		**Passée au mur de 32ᵉ Veine** (Bruay)	**Passée au mur de Louis-Joseph.**
Assise d'Anzin à *Lonchopteris* (330-465ᵐ)	Zone à *Alethopt. Davreuxi* (B₂)	*Faisceau d'Espérance* (Marles) (130ᵐ)	*Faisceau de Pouilleuse* (240ᵐ)
		Veine Achille (Ferfay)	Veine Meunière
	Zone à *Lonchopt. rugosa* (B₁)	*Faisceau de Présidente* (Ferfay) (200ᵐ)	*Faisceau de Meunière* (225ᵐ)
II. **Niveau marin de Poissonnière**		**Passée de Sainte-Marie** (Ferfay)	**Passée au toit de V. n° 1 du N.**
Assise de Vicoigne à *Sphenopt. Hœninghausi* (250-325ᵐ)	Zone à *Alethopt. lonchitica* (A₂)		*Faisceau de Modeste* (125ᵐ)
		Faisceau de Marsy (Ferfay) (250ᵐ)	Veine n° 6 du Nord
	Zone à *Neuropt. Schlehani* (A₂) — I. **Niveau marin de Laure**		*Faisceau d'Olympe* (200ᵐ)
Grès de Flines			
Assises de Flines et de Bruille (A₁).		(50 à 110ᵐ)	(270ᵐ environ)

Remarques. — Les épaisseurs moyennes sont portées entre parenthèses. Les niveaux marins sont inscrits en **caractères gras**. Au niveau II, extinction des *N. Schlehani* et *Sph. Hœninghausi*; au niveau III, extinction des *Lonchopteris* et des *Carbonicola*.

En résumé, les principaux résultats de notre étude ont été de permettre le raccordement exact des veines exploitées à Anzin avec celles de l'extrémité occidentale du Pas-de-Calais, d'une part, et avec celles du Borinage, du Limbourg, de la Ruhr, d'autre part. De plus, nous pouvons maintenant, pour la première fois, fixer l'épaisseur de la série westphalienne à la frontière belge et y préciser des subdivisions stratigraphiques comparables à celles du Pas-de-Calais, ce que nous avons figuré dans le tableau ci-contre.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les Saturniens d'Afrique*. Note de M. **E.-L. Bouvier**.

Au cours d'un bref mais très remarquable aperçu général, M. Karl Jordan établit cinq subdivisions dans le vaste groupe des Papillons Saturnioïdes; ces subdivisions sont désignées chacune d'après le nom de leur genre le plus typique (*Saturnia*, *Ludia*, *Aglia*, *Arsenura*, *Ceratocampa*), considérées comme des sous-familles, et réunies, les trois premières en une famille distincte, les deux dernières en une seconde. On doit accepter ces subdivisions, mais je crois que chacune d'elles a la valeur d'une vraie famille, et je pense en outre que le genre *Aglia*, exclusivement paléarctique, est trop litigieux pour servir de type à une subdivision qui ne compte par ailleurs que des représentants américains. Packard avait nommé cette subdivision d'après le genre *Hemileuca* qui en est un des types principaux; il me semble naturel de conserver cette dénomination et, dès lors, d'appeler Saturniidés, Ludiidés, Hémileucidés, Arsénuridés et Cératocampidés, les cinq familles qui constituent le groupe des Saturnioïdes. La famille des Ludiidées est, à l'heure actuelle, bien connue grâce au travail de M. Jordan signalé plus haut. Dans la présente Note, je me propose de jeter quelque lumière sur la plus grande et la plus variée des autres familles, celle des Saturniidés en essayant de grouper et de caractériser ses représentants africains. Cette étude a été entreprise et supérieurement esquissée par M. Chr. Aurivillius, je désire simplement la pousser un peu plus loin.

Tous les entomologistes s'accordent pour établir dans les Saturniidés trois sous-familles bien distinctes : les Saturniens vrais, les Actiens où les ailes postérieures sont prolongées en queue et les Attaciens remarquables par la disparition de la nervure transverse qui ferme en dehors la cellule alaire. Au point de vue de leur groupement générique, les deux dernières sous-familles sont suffisamment connues; la première, qui est de beaucoup

la plus variée, nous retiendra seule dans cette Note, et encore ne voulons-nous en signaler que les genres africains.

1° Avec Aurivillius, il convient de former un groupe spécial pour les *Micragone*, Saturniens exclusivement africains qui se distinguent de tous par leur carène thoracique dorsale, ainsi que par les ornements de leurs ailes qui sont bigarrées et sans traces d'ocelles. Chez ces Saturniens, les tibias sont pour le moins de la longueur du tarse, et celui des pattes antérieures présente sur sa face ventrale un grand appendice (narthèque de Packard, épiphyse de Jordan); la première nervure radiale naît sensiblement au point où se détache de la cellule le pédoncule des autres radiales, ou un peu après (M. *nenia*), ou même plus en dehors encore (M. *Tholloni*); on sait par M. O' Neil et par M. de Fleury que les chenilles présentent des tubercules charnus couronnés par des soies et qu'elles filent un grossier cocon. Ce sera la tribu des MICRAGONIICÆ.

2° Avec la tribu des PSEUDAPHELIICÆ nous nous approchons davantage des Saturniens normaux : la carène thoracique disparaît, la coloration perd ses bigarrures, des ocelles ou des taches ocellaires généralement apparaissent, mais les antennes sont bipectinées, c'est-à-dire réduites à une paire de branches latérales par article. Les formes typiques de cette tribu sont les *Pselaphelia* et les *Pseudaphelia* dont les ailes antérieures ne présentent que deux radiales (les deux postérieures $R^4 = 8$ et $R^5 = 7$, ainsi que l'avait noté Aurivillius), puis les *Parusta*, *Tagoropsis* et *Pseudantheræa*, formes très voisines où une radiale antérieure ($R^2 = 10$) s'ajoute aux précédentes. A côté de *Pseudaphelia* se place naturellement le genre *Eosia* (Le Cerf) considéré à tort comme un Ludiidé; les seules différences avec les *Pseudaphelia* sont l'absence d'un appendice aux tibias antérieurs et le bord découpé des ailes. Provisoirement, à cause de leurs antennes, on doit ranger dans cette tribu les *Decachorda* qui sont dépourvus d'appendice tibial, les *Usta* et les *Urota* dont la radiale antérieure naît de la cellule comme dans les *Pseudantheræa*.

Les chenilles sont dépourvues d'épines, celles des *Pseudantheræa* (et peut-être des *Tagoropsis*) filent un rudiment de cocon; il y a un cocon dur et compact chez les *Urota*, mais ce genre, comme les *Usta*, méritera sans doute une place à part dans la famille. D'ailleurs tous les représentants de la tribu appartiennent à la faune tropicale africaine.

Dans la tribu des SATURNIICÆ, les articles pectinés des antennes portent chacun deux paires de branches, au moins chez le ♂, caractère que l'on observe également dans la tribu suivante. Ce qui distingue la tribu, c'est

l'asymétrie des ocelles qui montrent presque toujours, du côté basal, un anneau incomplet sous forme de croissant, l'absence d'épines chez la chenille et, autour des pupes, la présence d'un cocon bien constitué. Dans cette tribu, les formes les plus normales et les plus nombreuses se distinguent par leurs nervures radiales qui se réduisent aux deux dernières issues d'un même pédoncule, ou qui présentent une radiale antérieure issue de l'avant-dernière ($R^4 = 8$) entre l'apex et la bifurcation des deux autres. Ces formes normales sont rares en Amérique (*Agapema*, *Calosaturnia*), plus rares encore en Afrique où elles sont représentées au nord de l'Atlas par une espèce du genre *Saturnia*; les autres sont répandues depuis l'Europe jusqu'en Australie. Moins normales sont les espèces qui présentent une radiale antérieure issue de la cellule ou du pédoncule des radiales; ces espèces appartiennent à deux genres américains (*Telea* et *Metosamia*), à deux genres indo-malais (*Salassa* et *Antheræa*), enfin au genre malgache *Antherina*. Les deux genres américains, *Saturniodes* et *Polythysana*, dont tous les ocelles sont complets, paraissent se rapprocher des formes normales, mais leur position reste douteuse; en tout cas, la tribu est représentée en Afrique par deux genres seulement : les *Saturnia* qui sont d'origine paléarctique, les *Antherina* malgaches qui tiennent surtout des *Antheræa*.

4° Tous les autres Saturnides à antennes mâles quadripectinées sont propres à l'Afrique tropicale et forment la tribu des BUNÆICÆ, qui se distingue de la précédente par les anneaux ocellaires complets, la transformation presque constante des tubercules de la chenille en épine et l'absence de cocons autour de la pupe qui est enterrée.

Dans la première section du groupe (*section mélanocérienne*) se rangent les formes où les antennes des deux sexes sont largement quadripectinées : les *Melanocera* et les représentants du genre nouveau *Rohaniella* qui se distingue des Mélanocères par ses ocelles antérieurs réduits à l'état de rudiment, le tibia inerme et sans appendice des pattes de la première paire, et la coloration rouge cinabre des ailes. A cause de cette coloration, les espèces du genre (*pygela*, *pygmæa*) étaient considérées comme appartenant au genre *Cinabra*.

Les *Heniocha* et les *Ceranchia* devront peut-être se placer dans la tribu précédente; on sait que les espèces du second genre sont malgaches et tissent un double cocon ajouré.

Une deuxième section (*section bunéenne*) comprend les formes dont la nervure radiale antérieure se détache plus ou moins loin de la cellule. Délimitée par Aurivillius, la section comprend deux sortes d'espèces, les

unes avec le tibia antérieur très armé et à peine plus long que le premier article tarsien, les autres avec le même tibia inerme ou très peu armé et en tout cas aussi long que le tarse; pour Aurivillius, le premier groupe se compose du genre *Gonimbrasia*, le second du genre *Bunæa*. En fait, à côté des *Gonimbrasia*, il faut maintenir le genre *Ubæna* (Strand) qui s'en distingue par son tibia antérieur armé d'une seule épine et la forte rayure médiane de ses ailes de la première paire. Et à côté des *Bunæa* il faut, d'une part conserver le genre *Angelica* (Distant) et, de l'autre introduire le genre nouveau *Bunæopsis;* ces deux genres diffèrent des *Bunæa* par leur fenêtre antérieure qui est entourée d'un vrai ocelle; le premier s'en distingue au surplus par son tibia antérieur qui porte deux épines distales et un fort appendice très poilu, le second par cet appendice qui est réduit chez le mâle, nul chez la femelle, et par une disposition des couleurs toute spéciale dont le *B. oubie*, type du nouveau genre, donne une idée parfaite.

Une troisième et dernière section (*section nudaurélienne*) comprend tous les autres genres de la tribu et de la famille, les *Nudaurelia*, *Lobobunæa*, *Imbrasia*, *Cerina*, *Eochroa* et *Aurivillius* où les tibias de la deuxième paire sont à peu près de la longueur du tarse et inermes ou peu armés, les *Gynanisa*, *Athletes* et *Cinabra* où le même article est très court et armé de deux fortes épines distales. Aurivillius a fortement indiqué ces différences, et plus ou moins rapproché ces formes d'après l'origine de leur radiale antérieure qui naît directement de la cellule. J'ai noté ailleurs que les *Aurivillius* font exception à la règle en ce sens que leur nervulation est tantôt buncénne, tantôt nudaurélienne. Il faut séparer des *Lobobunæa* et grouper dans un genre nouveau, que j'appellerai *Pseudobunæa* les espèces (*Meloui*, *tyrrhena*, *epithyrena*, *Sjöstedti*, *natalensis* et *alinda*) qui se distinguent des *Lobobunæa* normaux (*acetes*, *phædusa*, *Chrystii*, etc.) par leur tibia antérieur muni d'un appendice assez poilu et armé distalement d'au moins une forte épine, par leur modeste ocelle gris et noir, et par d'autres caractères sur lesquels j'insisterai ailleurs. Je termine en ajoutant que le genre *Cinabra*, appauvri par le genre *Rohaniella*, se réduit actuellement au seul *C. hyperbius* qui ne ressemble aux espèces de ce dernier genre que par deux traits de convergence, la couleur rouge et la structure du tibia des pattes intermédiaires qui est très court et armé de deux fortes épines distales.

MÉCANIQUE. — *Sur le réglage des régulateurs à commande directe munis d'amortisseurs*. Note (¹) de M. **André Blondel**.

La disparition de la machine à vapeur à piston rend désirable de compléter sur certains points la théorie des régulateurs à cataracte établie dès 1876 par Vychnégradsky, tout en tenant compte des travaux classiques de M. Lecornu sur les régulateurs simples, amortis seulement par frottement du manchon. Pour faciliter les comparaisons, on adoptera ici (comme MM. Lecornu et Chipart) les variables réduites rapportées à l'écart de vitesse, et on les complétera par les variables réduites de Curie pour les systèmes oscillants.

On appellera : H, la course totale du manchon $H = z_1 - z_0$; h, la fraction de H comprise dans la portion de course $z - z_0$; δ, l'écart de réglage de la vitesse du moteur $\delta = \frac{\Omega_1 - \Omega_0}{\Omega_1} = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_1}$; u, la fraction relative de la levée totale du manchon $u = \frac{z - z_0}{z_1 - z_0} = \frac{h}{H}$; v, la fraction relative de variation de la vitesse du régulateur ω (par rapport à ses limites extrêmes $v = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_1 - \omega_0}$; τ, la période d'oscillation propre du régulateur; t', temps « réduit » $t = \frac{2\pi}{\tau} t$; a, le degré d'amortissement du régulateur $\left(\text{d'après Curie, } a = \frac{A}{2\sqrt{IC}}\right)$; η, la proportion du frottement F à la force élastique C que subit le régulateur $\eta = \frac{F}{C}$; T, la durée de mise en route à vide du moteur (d'inertie K) : $T = \frac{K}{\Omega}$; $1 - u$, la fraction utilisée du couple moteur M maximum $1 - u = \frac{M}{M_1}$; ε, le degré d'insensibilité et v seront comptés à partir des valeurs $u_a v_a$ afférentes au régime *final* (après perturbation) en considérant les différences $u - u_a$, $v - v_a$. Le régime est défini par les équations différentielles (1) et (2) ou (1′) et (2′)

$$\left(\frac{\tau}{2\pi}\right)^2 \frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{\tau}{2\pi} 2a \frac{du}{dt} + u - v = 0; \tag{1}$$

d'où

$$\frac{d^2 u}{dt'^2} + 2a \frac{du}{dt'} + u - v = 0, \tag{1'}$$

(¹) Séance du 9 mai 1927.

et

(2) $$\frac{dv}{dt} = -\frac{u}{T\delta};$$

d'où

(2′) $$\frac{dv}{dt'} = -u\frac{\tau}{2\pi T\delta} = -\sigma u;$$

d'où

(3) $$\frac{d^3u}{dt'^3} + 2a\frac{d^2u}{dt'^2} + \frac{du}{dt'} + \sigma u = 0,$$

en posant $\frac{\tau}{2\pi T\delta} = \frac{1}{\delta T'} = \sigma$ (coefficient de M. Lecornu).

Remarque I. — On ne peut substituer à ce système d'équations différentielles (1), (2) le système quelquefois proposé

(I) $$\left(\frac{\tau}{2\pi}\right)^2\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{\tau}{2\pi}2a\frac{du}{dt} + u = 0,$$

(II) $$\frac{dv}{dt} = -\frac{v}{\delta T}; \qquad \text{d'où} \qquad v = v_a\left(1 - e^{-\frac{t}{\delta T}}\right)$$

qui ne lui est nullement équivalent théoriquement. C'est seulement dans le *cas particulier exceptionnel* $2a = \sigma$ que l'équation (3) peut se décomposer en deux autres :

(III) $$\frac{du}{dt} + \frac{1}{T\delta}u = 0;$$

(IV) $$\left(\frac{\tau}{2\pi}\right)^2\frac{d^2u}{dt^2} + u = 0.$$

On en tire :

(4) $$u = Ae^{-\frac{t}{\delta\tau}} + S + B\sin\frac{2\pi t}{\tau} + C\cos\frac{2\pi t}{\tau},$$

solution qui n'a aucun rapport avec le système (I) et (II).

L'équation (3) a pour équation caractéristique

(5) $$\varpi^3 + 2a\pi^2 + \varpi + \sigma = 0.$$

En général, des trois racines de cette équation, une, α_1, sera réelle et les deux autres imaginaires conjuguées $\alpha + j\beta$ et $\alpha - j\beta$. Les coefficients de l'équation (5) sont tous positifs, on peut la discuter facilement.

1° *Condition de convergence des oscillations.* — Il faut et il suffit que les parties réelles des racines soient toutes négatives, d'où la condition $\sigma < 2a$ (d'après un théorème connu de Hurwitz).

2° *Réglage apériodique.* — L'apériodicité est obtenue (au détriment de la promptitude de régulation) quand le discriminant est positif

(7) $$-27\sigma^2 - 4(8a^3 - 9)\sigma + 4(a^2 - 1) > 0.$$

Si donc l'on suppose connu a, toujours < 1, les valeurs de σ doivent être réelles et inférieures à la valeur de la racine positive de l'équation du second degré, obtenue en égalant le premier nombre à zéro

$$\sigma = \frac{-2(8a^3 - 9a) + \sqrt{4(8a^3 - 9a)^2 + 108(a^2 - 1)}}{27}.$$

Les seules valeurs acceptables sont celles qui satisfont $\sigma \leqq 2a$, sauf pour a très petit.

3° *Réglage exact.* — Pour déterminer les conditions du réglage dit « exact », il faut, comme l'a fait M. Lecornu, dans le cas particulier $a = 0$, chercher les conditions qui permettent d'obtenir l'arrêt du régulateur dans sa zone d'insensibilité par l'effet du frottement après la première alternance de ses oscillations provoquées par un changement de régime de $u_i v_i$ à $u_a v_a$ par une modification brusque du couple résistant.

Nous pouvons déterminer facilement la fonction u qui pour $t = 0$ soit nulle, ainsi que ses deux premières dérivées; c'est

$$(9) \qquad u - u_a = \frac{(u_i - u_a)}{\xi}\left[A e^{-\alpha_1 t'} + H e^{-\alpha t'}(\cos\beta\, t' + \psi)\right]$$

avec

$$(10) \qquad \left\{\begin{array}{l} \xi = \alpha_1^2 + \alpha^2 + \beta^2 + 2\alpha\alpha_1, \\ A = \alpha^2 + \beta^2, \qquad B = 2\alpha\alpha_1 + \alpha^2, \qquad C = \dfrac{\alpha_1(\alpha^2 + \beta^2) - \alpha(2\alpha_1\alpha + \alpha^2)}{\beta}, \\ H = \sqrt{B^2 + C^2}, \qquad \operatorname{tang}\psi = \dfrac{B}{C}. \end{array}\right.$$

Il suffit maintenant, pour déterminer une relation entre a et σ, d'écrire suivant la méthode classique de M. Lecornu, qu'à un temps inconnu, t'_a, $u = u_a$ et $\dfrac{du}{dt}$ s'annulent et que $v_{t'} - v_a$ est au plus égal à $\frac{1}{2}\frac{\varepsilon}{\delta}$, afin que l'effet du frottement puisse annuler l'accélération résiduelle du manchon au moment où il atteint la position exacte, alors que l'erreur relative sur la vitesse v_a ne dépasse pas $\frac{1}{2}\frac{\varepsilon\Omega}{\delta\Omega} = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon}{\delta}$, en valeur absolue. D'où :

$$(11) \qquad A e^{-\alpha_1 t'_a} + H e^{-\alpha t'_a}(\cos\beta\, t'_a + \psi) = 0,$$

$$(12) \qquad -A\alpha_1 e^{-\alpha_1 t'_a} - H e^{-\alpha t'_a}[\beta\sin(\beta\, t'_a + \psi) + \alpha\cos(\beta\, t'_a + \psi)] = 0,$$

$$(13) \qquad \frac{\sigma}{\xi}(u_a - u_i)\left\{\frac{A}{\alpha}(e^{-\alpha t'} - 1) - \frac{H}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}[\cos(\beta\, t' + \psi + \varphi) - \cos(\psi + \varphi)]\right\} - v_a \leqq \pm\frac{\varepsilon}{2\delta}$$

avec $\operatorname{tang}\varphi = \dfrac{\beta}{\alpha}$.

A ces équations s'ajoutent les relations connues entre les racines de l'équation caractéristique :

$$(14) \qquad \alpha_1 + 2\alpha = -2a, \qquad 2\alpha_1\alpha + \alpha^2 + \beta^2 = 1, \qquad \alpha_1(\alpha^2+\beta^2) = -\sigma,$$

soit au total cinq équations qui permettent d'éliminer t'_a, α_2, α et β ; et une inégalité qui établit ensuite une condition entre σ et a.

Cette solution est d'écriture trop compliquée pour permettre une discussion générale, mais on peut en tirer plus simplement des solutions particulières en calculant par les moyens connus les racines de l'équation caractéristique en fonction de valeurs numériques attribuées *a priori* à a et σ, et en déduire l'expression de u en fonction de t', qu'on peut représenter par une courbe. Le tracé de trois ou quatre courbes de u pour des valeurs de a convenablement choisies $\left(\text{notamment } a=0,\ a=1,\ a=\frac{\sigma}{2}\right)$ pourra permettre de déterminer par interpolation la valeur de σ pour laquelle cette courbe de u serait tangente à la droite $u = u_a$; ce qui équivaut à la solution des équations (11), (12) et (14). Connaissant ainsi t'_a, on peut vérifier si l'inégalité numérique (13) est réalisable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nitruration des aciers.* Note de M. Léon Guillet.

J'ai déjà attiré l'attention de l'Académie sur la nitruration de certains aciers spéciaux et sur l'importance de la question au point de vue de ses applications [1].

Mes nouvelles recherches ont porté d'une part sur la nitruration d'aciers complexes, et d'autre part sur l'attaquabilité des aciers nitrurés.

1° *Recherches sur la nitruration d'aciers complexes.* — Le tableau ci-contre donne les résultats obtenus.

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 903, et **183**, 1926, p. 933.

Composition.									Dureté au scléroscope après nitruration		Dureté à la bille après nitruration	
C.	Ni.	Cr.	Mn.	Si.	W.	Va.	V.	Ti.	au cœur.	en surface.	au cœur.	en surface
0,42	–	1,60	0,38	0,19	2,42	0,28	–	–	47,5	70	312	439
0,15	–	–	–	–	–	–	–	0,57	23	40	175	236
0,19	–	–	–	–	–	–	0,45	–	18	31	111	176
0,30	–	–	–	–	–	–	0,61	–	24	39	169	163
0,89	2,72	–	0,61	0,40	–	2,92	–	–	50	74	357	517
0,21	11,44	–	0,25	0,28	–	3,30	–	–	49	75,5	340	510
0,14	12,24	–	0,15	0,061	–	0,25	–	–	33,5	42	300	300
0,15	2,00	–	0,41	0,22	–	0,75	–	–	34,5	44	268	296
0,88	12,40	–	0,65	0,55	–	1,35	–	–	57,5	56	362	337
0,24	29,75	–	0,66	0,29	–	1,05	–	–	28	30	182	186
0,24	6,40	–	0,35	2,42	–	–	–	–	36	44	257	275,5
0,80	16,16	–	0,08	2,42	–	–	–	–	50	55,5	324	337
0,25	5,76	–	0,365	1,07	–	–	–	–	29	37	209	239
0,40	4,96	–	0,97	0,74	–	–	–	–	35	43	313,5	321,5
0,81	2,32	–	7,03	1,21	–	–	–	–	38	50	362	379
0,09	4,90	–	0,52	0,17	–	–	–	–	33,5	46,0	336	184
0,73	31,0	–	7,92	0,51	–	–	–	–	10	16	130	138

De tous ces aciers, seuls donnent des résultats intéressants, les aciers suivants :

Le n° 1, acier chrome, tungstène-vanadium ;

Le n° 5, acier nickel, vanadium, perlitique ;

Le n° 6, acier nickel-vanadium, martensitique, mais sans tendance austénitique ;

Le n° 17, acier nickel-manganèse.

Il est assez curieux de noter que la présence du vanadium transforme complètement la nitruration des aciers au nickel.

Toutefois, aucun acier ne donne un accroissement de dureté comparable à celle des aciers à l'aluminium, sauf les aciers nickel-vanadium.

2° *Attaquabilité des produits nitrurés.* — On sait que la dureté des aciers nitrurés — la plus élevée que l'on connaisse actuellement dans les produits métallurgiques industriels — est attribuée à la formation d'un nitrure complexe, généralement nitrure de fer, de chrome et d'aluminium. L'attaquabilité du nitrure d'aluminium, par certains réactifs, notamment les alcalis, étant très importante, il était intéressant de préciser la façon de se comporter des aciers nitrurés vis-à-vis d'un certain nombre de réactifs. Nous avons donc procédé aux essais suivants, sur des cylindres de 60^{mm} de

longueur et 16^{mm} de diamètre. Après traitement, ces cylindres ont été polis, avant leur introduction dans les réactifs d'attaque.

Nous avons opéré sur deux aciers nitrurés (marqués A et B), l'épaisseur de la couche nitrurée étant de $\frac{7}{10}$ de millimètre et sur un acier de cémentation ordinaire cémenté à $\frac{9}{10}$ de millimètre (dans le mélange de charbon et carbonate de baryum, à 920°) puis trempé à l'eau à 825° (marqué C).

Les résultats obtenus sont donnés dans les tableaux suivants qui indiquent les pertes en grammes par décimètre carré de surface :

1° *Attaque dans une solution à 3 pour 100 de* NaCl + 0,5 *pour* 100 SO^4Mg, *à froid.*

Marque du métal.	Durée de l'attaque en heures. 50.	100.	150.	200.
	g	g	g	g
A	0,020	0,020	0,032	0,032
A	0,034	0,053	0,060	0,060
B	0,031	0,057	0,054	0,054
B	0,026	0,057	0,044	0,044
C	0,029	0,052	0,064	0,087
C	0,026	0,052	0,075	0,100

2° *Attaque par une solution de* NaOH, *à l'ébullition* (40^g par litre), *pendant 14 heures*

A	0^g,24
B	0,28
B	0,05

3° *Attaque par les acides pendant 7 heures, à froid.*
(HCl à 36^g par litre; NO^3H à 63^g par litre; SO^4H^2 à 49^g par litre.)

A	2^g,18	12^g,76	6^g,78
B	1,16	10,64	2,59
C	0,21	9,59	1,38

4° *Attaque dans l'air saturé de vapeur d'eau, à froid, pendant un mois :*

A = 0,014, B = 0,014, C = 0,007.

On note que l'attaque est très variable d'un échantillon à l'autre, et qu'elle est toujours plus prononcée surtout dans les acides, la soude et même l'air humide, pour l'acier nitruré que pour l'acier cémenté-trempé.

D'autre part, on a dosé l'azote (par la méthode de Tchijevski), on a trouvé pour la partie nitrurée une teneur variant de 1,31 à 1,48 pour 100.

De plus, on a dosé l'azote dans les liquides d'attaque; en rapportant la teneur au poids du métal perdu, on a trouvé : 2,65 à 2,07 pour 100 d'azote. La concentration d'azote est donc plus grande en surface de l'échantillon.

5° *Progrès dans les applications.* — Des progrès ont été faits dans les applications de la nitruration. On s'est trouvé d'abord limité par les propriétés de la couche sous-jacente, et l'on ne pouvait guère dépasser des pressions de 700^{kg} par centimètre carré.

En utilisant, non plus des aciers contenant du chrome et de l'aluminium, mais bien des aciers nickel-chrome-aluminium trempés à 875 et revenus à 550°, avant nitruration, on obtient

$$R = 100 \text{ kg/mm}^2; \qquad E = 90 \text{ kg/mm}^2; \qquad A\ \% = 12; \qquad = 11.$$

Il était permis de craindre que pendant la nitruration elle-même, laquelle a lieu à 510° et dure ordinairement 90 heures, le métal n'acquiert cette fragilité spéciale de recuit, bien connue dans certains aciers nickel-chrome. Les essais ont prouvé qu'il n'en était rien.

Aussi actuellement envisage-t-on des applications très importantes comme celles des changements de vitesse de voitures automobiles....

Parmi ces applications, certaines sont encore trop nouvelles pour qu'il soit permis de donner aujourd'hui des résultats certains.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine des sources minérales fumerolliennes de Royat (Puy-de-Dôme).* Note (¹) de M. **Ph. Glangeaud.**

L'Oligocène de la bordure occidentale de la Limagne, aux environs de Royat, est constitué par des sédiments très détritiques (arkoses grossières à structure entre-croisée, grès fins, argiles sableuses avec petits galets de quartz, de granite et de gneiss). Ces sédiments dont l'épaisseur atteint environ 300^m ont été attribués provisoirement au Stampien inférieur, par suite (Giraud) de l'existence de *Potamides Lamarcki*, dans les tranchées de la gare, qui correspondent à la partie supérieure de cette formation.

L'ensemble des assises constituant *actuellement* la bordure du synclinal de la Limagne est fortement redressé et plonge, d'une façon générale, de l'Ouest à l'Est, vers l'axe du synclinal, grâce à une série de failles en échelon qui les enfoncent successivement et irrégulièrement dans le même sens.

On aura une idée de la dénivellation ainsi produite quand on saura que

(¹) Séance du 23 mai 1927.

la base de l'Oligocène qui est à l'altitude $+ 550^m$ à Royat a été rencontrée à $- 850^m$ dans le sondage de Beaulieu, à 7^{km} à l'est de Royat, soit avec une différence d'altitude de 1400^m. Notons que Beaulieu est encore à environ 8^{km} du centre de la cuvette géosynclinale.

J'ai signalé depuis longtemps que la *faille bordière* qui fait buter l'Oligocène contre le granite, sur 100^m de haut et sur une longueur du Sud au Nord de plus de 60^{km}, faille mise fortement en relief par le déblayage de l'Oligocène, a joué le rôle de *fracture volcanique*, car c'est sur son trajet que sont sorties les laves basaltiques du *volcan quaternaire de Gravenoire* qui culmine Royat de 400^m. J'ai observé, en outre, qu'à l'est de la faille bordière, l'Oligocène, sur une distance d'environ 500^m (du puy Chateix au viaduc), il existe au moins 7 failles grossièrement parallèles, avec rejet vers l'Est et rebroussement des couches, atteignant de 30 à 70°, le long de la lèvre affaissée.

Il faut noter aussi des failles est-ouest, avec pendage nord-est et de petites failles inverses, avec parfois étirement des couches.

En résumé, tout le territoire oligocène précité est très disloqué et se résout en une série de compartiments différemment *effondrés* ou *surélevés*, provenant du bord relevé dans son ensemble et comprimé du synclinal, au moment surtout des mouvements alpins.

Un tel dispositif de fractures, auquel s'ajoutent des séries de fissures plus ou moins profondes, devait singulièrement faciliter l'ascension des eaux minérales, favorisée déjà par l'*émission abondante* dans tout le territoire de Royat de *fumerolles carboniques*, en relation très étroite de voisinage avec le volcan quaternaire de Gravenoire. C'est, en effet, ce que l'on constate.

L'Oligocène n'est qu'un terrain de revêtement sur un substratum granitique qui s'abaisse et doit exister en gradins successifs à des profondeurs allant de 50 à 200^m environ, de la faille bordière au viaduc. Les neuf sources minérales de Royat, sources chlorobicarbonatées sodiques, et les multiples dégagements de gaz carbonique observés dans cette localité, sont en relation étroite avec les dislocations dont je viens de parler.

Quatre de ces sources : S. Eugénie, S. Saint-Mart, S. César, S. Saint-Victor, sont thermales (de 35°,6 à 20°,8) et moyennement minéralisées; deux sont tièdes (S. Marie-Louise, S. Fonteix, 16° et 17°,8) et trois froides : S. Velleda, S. du Viaduc, S. Morateur. Tous les griffons de ces sources qui s'échelonnent de l'Ouest à l'Est, sur environ 1^{km} dans la vallée de la Tiretaine, remblayée en partie de cendres volcaniques issues de la Chaîne des Puys, sont sur l'Oligocène.

Sur ces griffons, il se dépose, en général, d'importants travertins calcaires que les Romains avaient su enlever pour capter les quatre principales sources chaudes utilisées actuellement par la Compagnie thermale. Ces captages ont été peu ou pas modifiés, depuis cette époque d'exploitation, dont il existe encore des restes (piscines).

1° La source *Eugénie* est une des sources les plus importantes de France et même d'Europe par l'abondance de son débit (1032 litres/minute, griffon déchargé), soit près d'un million et demi de litres par jour, et un dégagement considérable de gaz carbonique, utilisé comme l'eau, au point de vue thérapeutique. Son captage, en 1843, a été effectué en deux points différents, distants l'un de l'autre de 5^m, mais communiquant ensemble sous la masse de travertins. La source émerge par la faille Nord-Sud jalonnée par l'hôtel Bristol, faille qui redresse l'Oligocène à 45° et qui est parallèle à la grande faille bordière volcanique : Chateix-Gravenoire, dont elle n'est distante que de 400^m. Cet ensemble de caractères font de la source Eugénie une *source fumerollienne remarquable*.

2° La source *Morateur*, disparue aujourd'hui et signalée en 1853, par le Dr Nivet, émergeait immédiatement au nord de la Chocolaterie. Son griffon se trouvait, par suite, sur la grande faille bordière volcanique précitée.

3° Le captage de la source froide *Velleda* a été très malencontreusement recouvert par une des piles du pont César. Comme elle est radioactive (Lepape) bien que faiblement bicarbonatée sodique (0^g,27 de résidu sec), que son débit et sa température sont constants, elle offre tous les caractères d'une eau minérale. Son griffon, ainsi que celui de la source César, sa voisine, sont très vraisemblablement situés sur des failles intéressant les compartiments oligocènes : villa Tixier, hôtel Bristol.

4° La source *Saint-Mart* (la plus carbonique) et dont la puissance radioactive est la plus grande des eaux de Royat (Lepape) naît dans des conditions analogues, à la terminaison des compartiments géologiques suivants.

5° La source *Saint-Victor*, également très carbonique, dont la radioactivité de l'eau est élevée (Lepape) a son origine sur une des failles précitées.

6° Enfin, je désigne sous le nom de source du *Viaduc*, une petite source carbonique ferrugineuse, apparue il y a deux ans, à la base de la pile nord du viaduc de Royat dans un complexe gréseux et argilo-sableux. Son débit est assez faible.

Il est utile de mentionner, d'une façon spéciale, en dehors de celui émergeant aux griffons des sources minérales, l'*abondant dégagement de gaz*

carbonique dans tout le territoire oligocène de Royat balnéaire, dégagement qui a lieu par des fissures en relation avec les failles étudiées ci-dessus (grotte du Chien, grotte rouge, etc.).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la synthèse des protéines par les saccharomyces.* Note de M. **Jean Effront.**

Les levures à l'état sec contiennent de 47 à 50 pour 100 de protéines et 42 à 45 pour 100 de matières organiques non azotées dont la composition se rapproche très sensiblement de celle du sucre.

La dépense en sucre pour la construction des nouvelles cellules variera beaucoup selon que la synthèse des matières azotées complexes se fera par l'un ou l'autre des processus que l'on pourrait exprimer schématiquement par les formules suivantes :

(A) $2C^6H^{12}O^6 + 4NH^3 \rightarrow (C^{12}H^{20}N^4O^4)^n + 8H^2O;$

(B) $\begin{cases} 1\ldots & 3C^6H^{12}O^6 + 3O^2 \rightarrow 6CH^3.CHO + 6CO^2 + 6H^2O, \\ 2\ldots & 6CH^3CHO + 3N \rightarrow C^{12}H^{20}N^3O^4 + 2H^2O. \end{cases}$

Le rendement en levure et le CO^2 dégagé pourront nous renseigner sur la marche de la synthèse :

Pour 100 de glucose fermenté.	Série I (anaérobie).	Série II (aérobie).
Alcool en grammes	50	0
Levure sèche	1,88	56
Acide carbonique	48,1	58
Glucose transformé en alcool	98	0
» dépensé à la construction	2	78,4
» pour 100 de levure formée	106,4	140
» intégralement brûlé	0	21,4

Série I. — Fermentation anaérobie. Milieu : 1^{kg} glucose, sulfate d'ammoniaque et cendres de levure dans 12^l d'eau. On ensemence avec une levure tonkinoise résistant à une température de 38°,5. La fermentation dure 11 heures max. à 37°.

Série II. — Fermentation avec très forte aération. Milieu : 3 pour 1000 de glucose, phosphates, sulfate d'ammoniaque et cendres de levures. Avant l'ensemencement, on ramène le pH à 3,8. Le sucre et l'azote qui disparaissent sont remplacés de manière que le liquide n'en contienne jamais plus que la levure n'en peut absorber en 30 minutes. Durée de la fermentation 7 à 8 heures. La quantité totale de glucose introduit est égale à 150^g.

Dans la série I, la quantité de CO^2 correspond exactement à la quantité

d'alcool produit; d'autre part, pour former 100^g de levure, il a fallu 106^g,4 de glucose.

Ces faits montrent que la synthèse des protéines, dans ce cas, se fait suivant une formule qui se rapproche de la formule (A). La levure récoltée contient 48 pour 100 de protéines et 43,9 pour 100 de matières organiques non azotées. D'après la formule (A), pour 1^g de protéines, il faut 1^g,27 de glucose. Pour produire 100^g de levure, il en faudrait donc

$$(48 \times 1,27) + 43,9 = 104^g,8,$$

tandis que, d'après la formule (B) (2^g de glucose pour 1^g de protéines), il en faudrait 130^g,9. Or, le rendement réel obtenu (106^g,4) correspond à très peu près au schéma (A).

La synthèse suivant la formule (A) comporte probablement le passage du glucose par le terme intermédiaire d'aldéhyde pyruvique hydratée :

$$CH^3CO.CH(OH)^2.$$

Cette dernière, en présence d'ammoniaque, produit de l'alanine qui, par condensation, donnerait naissance à des substances du genre des polypeptides ayant la composition globale

$$(C^6H^{12}O^3N^2)^n \quad \text{ou} \quad (C^{12}H^{20}O^4N^2)^n.$$

Dans la série II, on ne trouve pas trace d'alcool, mais à côté d'une quantité massive d'acide carbonique, on constate la présence de traces d'aldéhyde acétique dont la quantité augmente fortement en cas de changement du pH ou lorsque l'aération est insuffisante.

Ces données, jointes au fait constaté par nous que l'aldéhyde peut remplacer le sucre manquant, alors que l'alcool employé dans les mêmes conditions ne produit pas de levure, permettent de conclure que le sucre est transformé d'abord en aldéhyde et que c'est cette dernière qui est utilisée par la levure au fur et à mesure de sa formation.

La levure produite dans la série II contient 49,1 pour 100 de protéines et 41,8 pour 100 de substances organiques non azotées. D'après la formule (B), 100^g de glucose devraient fournir 71^g,4 de levure et 34^g de CO^2. Or, le rendement effectif a été : 56 de levure et 58 de CO^2. Ce rendement en levure correspond, d'après le schéma (B), à 78^g,4 de glucose et à 26^g,4 de CO^2. Comme on a, en réalité, trouvé 58^g de CO^2, l'excédent doit provenir du glucose brûlé.

En divisant cet excédent par 1,46, car 180^g de glucose donnent dans la

combustion totale 264^g de CO^2, on doit trouver la quantité de glucose détruit : $\frac{58 - 26,4}{1,46} = 21,4$.

Les résultats obtenus dans la série II ont été vérifiés par le bilan du carbone. On a déterminé directement, d'une part, la quantité de carbone contenue dans la levure et, d'autre part, celle restée dans le liquide.

Sur 40^g de carbone contenu dans le glucose, on en retrouve $39^g,8$. En effet, les 56^g de levure renferment $23^g,6$ de carbone (42,2 pour 100); les 58^g de CO^2 renferment $15^g,8$ de carbone; $0^g,4$ de carbone se trouvent dans le liquide; au total : $39^g,8$.

Le début de la fermentation dans la série II présente quelques particularités intéressantes : le bourgeonnement ne se déclare généralement que 1 heure et demie à 2 heures après l'ensemencement.

Mais avant qu'on en arrive à ce point, on constate déjà un travail intense.

Phase préliminaire du bourgeonnement. — *Composition du milieu :* 12^g de glucose, $0^g,63$ d'azote ammoniacal, 2^g de cendres de levure, 4000^{cm^3} d'eau, 70^g de levure pressée.

	Au début du travail.			Après 2 heures.		
	Az. amm.	Az. prot.	Az. total.	Az. amm.	Az. prot.	Az. total.
Dans le liquide	630	0	630	368,8	92,2	461
Dans la levure	21	1547	1588	17	1719	1736

Le liquide, après 2 heures de fermentation, est dépourvu de sucre et d'alcool ; il contient, outre les matières protéiques, $2^g,26$ de matières organiques.

Sur les 630^{mg} d'azote contenus dans le liquide au début, on ne retrouve, après 2 heures, que 461^{mg}. La levure a assimilé 169^{mg} d'azote; elle s'est enrichie en sels et en glycogène, sans cependant que son poids en matières sèches ait augmenté.

La destruction des matières ternaires va de pair avec le travail synthétique.

En résumé, au cours de la vie anaérobie de la levure, la partie du sucre qui sert à la synthèse des protéines subit une décomposition préalable sans dégagement de CO^2. Aussi, la totalité du carbone du sucre se retrouve-t-elle dans la levure produite.

En présence d'une forte aération, au contraire, une certaine quantité de sucre est complètement brûlée et le sucre restant est transformé en aldéhyde acétique qui fournit le carbone pour la synthèse des protéines.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la résistance du porc au virus de la fièvre récurrente espagnole et sur les conditions naturelles d'existence de cette maladie et d'autres spirochétoses.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Charles Anderson**.

Les travaux de S. de Buen ont montré que la récurrente espagnole, maladie humaine, était communément transmise par une tique, *Ornithodorus marocanus*. L'existence de cette tique est liée dans la nature à celle du porc.

Lorsqu'un lien aussi étroit unit un ectoparasite à un vertébré et que cet ectoparasite transmet un virus à une autre espèce dont le voisinage est d'aventure, il est de règle que le vertébré, indispensable à la vie de l'ectoparasite, joue le rôle de réservoir du virus.

Or ni de Buen, ni Ortega, ni nous-mêmes n'avons pu réaliser l'infection du porc au moyen d'Ornithodores marocains dont la piqûre était infectante pour hommes, singes, rats ou cobayes. Des expériences personnelles récentes nous ont montré qu'il n'était pas plus possible d'infecter le porc en répétant les inoculations de sang virulent. Il faut donc admettre que le porc est réfractaire au virus que transmet un ectoparasite qui, sans le porc, n'existerait pas dans la nature.

Cette résistance ne constitue pas seulement un fait digne de remarque. Elle pose un problème. Puisque le porc n'est pas le réservoir du virus espagnol, où se conserve le virus? La rareté de la maladie humaine ne permet pas de penser que ce rôle est dévolu à notre espèce, quoique la longue conservation du virus chez la tique, la transmission héréditaire chez elle qui paraît prouvée pour la première génération (Ortega) n'autorisent pas à éliminer l'hypothèse de certains cycles directs : tique-homme-tique.

Ce mode de conservation ne peut être la règle. Il en existe un autre, évident, qui n'a pas été soupçonné que nous sachions. De petits mammifères, rongeurs en particulier, abondent dans les porcheries et à leur voisinage. Les petits rongeurs (rats, souris, etc.) sont d'une sensibilité extrême au virus espagnol. A leurs premiers stades de développement, les Ornithodores ne sauraient piquer un animal aussi solidement habillé de cuir que le porc; ils se nourrissent sur les petits vertébrés à peau fine; plus tard seulement, ils s'attaquent au gros bétail. Ce sont donc les petits mammifères, commensaux de l'étable, qui jouent le rôle de réservoir du virus.

La société animale, nécessaire à la conservation du virus espagnol dans la nature, comporte trois membres : tiques, petits mammifères, porc, ce dernier indispensable à la vie de l'ornithodore adulte. L'homme est un intrus dans cette société, une occasion dans le cycle évolutif du spirochète qui s'effectue ordinairement sans lui. Qu'un autre intrus, le pou, accompagne l'homme, nous verrons le spirochète tenter d'adapter sa vie à l'organisme du nouveau venu; adaptation si parfaite dans la récurrente mondiale qu'on ne peut plus reconstituer, autrement que par hypothèse, par quels contacts hasardeux le virus s'est détaché de la tique et sans doute de petits mammifères, ses premiers hôtes, pour dépendre finalement de deux êtres qui furent d'abord pour lui des inconnus, l'homme, puis le pou.

L'étroite parenté (sinon l'identité) du virus de la fièvre des tiques et du virus de la musaraigne, pathogène pour l'homme et les petits rongeurs, a été prouvée par nos recherches. Elle permet de supposer que c'est aussi sur de petits mammifères que se conserve le virus de la fièvre des tiques dans les agglomérations humaines de l'Afrique Centrale par l'intermédiaire d'ectoparasites qui ne sont pas exclusivement, peut-être, des Ornithodores.

Sir **Almoth Wright** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Immunity*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre, en remplacement de M. *Haton de la Goupillière*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 67,

M. Paul Helbronner	obtient..........	25 suffrages
M. Louis Martin	»	22 »
M. Charles Achard	»	18 »
M. Armand de Gramont	»	2 »

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 68,

M. L. Martin	obtient...........	29 suffrages
M. P. Helbronner	»	24 »
M. C. Achard	»	15 »

Au troisième tour de scrutin, le nombre de votants étant 68,

M. P. Helbronner obtient	....	34 suffrages
M. L. Martin »	....	32 »
M. C. Achard »	....	2 »

Au quatrième tour de scrutin, réservé aux deux candidats qui ont obtenu le plus de voix, le nombre de votants étant 66,

M. P. Helbronner obtient	....	35 suffrages
M. L. Martin »	....	30 »

Il y a 1 bulletin nul.

M. **Paul Helbronner** ayant réuni la majorité absolue de suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Maurice Lecat. *Coup d'œil sur la théorie des déterminants supérieurs dans son état actuel.* Préface de M. Buhl. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe particulière de séries entières.* Note de M. S. **Mandelbrojt** (1), présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous démontrons le théorème suivant :

Soient φ un nombre irrationnel et λ_n une suite de nombres entiers positifs tels que la suite $e^{\lambda_n 2\pi i \varphi}$ $(n = 1, 2, \ldots)$ tende vers une limite, et supposons que la suite $d_n (n = 1, 2, \ldots)$ tend vers une limite finie différente de zéro, alors la série $\Sigma d_n x^{\lambda_n}$ admet son cercle de convergence comme coupure et il existe sur ce

(1) Je profite de l'occasion pour faire une rectification dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 509). Le théorème de cette Note doit s'énoncer de la manière suivante : On peut changer *le signe* d'une infinité de coefficients, etc.

cercle un ensemble de points E *partout dense* (*sur ce cercle*) *et tel que la fonction* $f(x) = \Sigma d_n x^{\lambda_n}$ *tend vers l'infini quand la variable* x *s'approche d'un point de* E *le long du segment partant de l'origine et aboutissant à ce point.*

Du fait que φ est irrationnel, il résulte que, quel que soit le nombre $\psi (0 \leqq \psi < 2\pi)$, on peut choisir une suite λ_n telle que

$$(1) \qquad \lim e^{2\pi i \lambda_n \varphi} = e^{2\pi i \psi}.$$

Donc pour un φ donné on peut trouver une infinité de suites correspondant à notre énoncé.

Notre suite λ_n étant donnée, il existe un ψ tel que (1) soit vérifié.

Désignons par λ'_m la suite complémentaire à la suite λ_n.

Posons

$$\lim d_n = d$$

et

$$\theta(x) = \sum_k C_k x^k = \sum_n d_n x^{\lambda_n} + d \sum_m \frac{x^{\lambda'_m}}{2^{\lambda'_m}},$$

$$\psi(x) = \sum_k l_k x_k = \sum_n \quad x^{\lambda_n} + \quad \sum_m \frac{x^{\lambda'_m}}{2^{\lambda'_m}}.$$

Il est évident d'abord que

$$\lim_{x \to 1} \psi(x) = \infty,$$

x variant le long du segment (0, 1) comme $\lim\limits_{k=\infty} \frac{C_k}{l_k} = d$, il résulte d'après une formule de Cesàro bien connue que

$$\lim_{x \to 1} \frac{\theta(x)}{\psi(x)} = \lim \frac{C_k}{l_k} = d.$$

Donc

$$\lim_{x \to 1} \theta(x) = \infty \qquad [x \text{ variant sur } (0, 1)].$$

En posant maintenant

$$\theta_1(x) = \sum_k C_k^{(1)} x^k = \sum_n d_n e^{\lambda_n 2\pi i \varphi} x^{\lambda_n} + d e^{2\pi i \psi} \sum \frac{x^{\lambda'_m}}{2^{\lambda'_m}},$$

on voit d'après (2) et d'après la même formule de Cesàro que

$$(B) \qquad \lim_{x \to 1} \theta(e^{2\pi i \varphi} x) = \infty,$$

car

$$\lim_{k=\infty} \frac{C_k^{(1)}}{C_k} = e^{2\pi i \psi} d,$$

et alors

$$\lim_{x \to 1} \frac{\theta_1(x)}{\psi(x)} = e^{2\pi i \psi} d,$$

donc

$$\lim_{x \to 1} \theta_1(x) = \infty,$$

et

$$\lim_{x \to 1} \Sigma d_n e^{\lambda_n 2\pi i \varphi} x^{\lambda_n} = \infty,$$

donc (B) a lieu.

De l'égalité (1) résulte

$$(2) \qquad \lim e^{2\pi i j \lambda_n \varphi} = e^{2\pi i j \psi} \qquad (j = 1, 2, \ldots).$$

En remplaçant dans le raisonnement précédent (1) par (2), on voit qu'on peut remplacer dans (B) $\theta(e^{2\pi i \varphi} x)$ par $\theta(e^{2\pi i j \varphi} x)$ en tenant compte du fait que l'ensemble dérivé de la suite $e^{2\pi i j \varphi}$ ($j = 1, 2, \ldots$) est partout dense sur le cercle de rayon un, on voit que notre théorème est démontré.

Ce théorème peut être considéré comme analogue au fait si simple que la série $\Sigma k_n x^{np}$ a au moins p points singuliers sur le cercle de convergence et que si $k_n \to k \neq 0$, alors $\lim_{x \to 1} \sum_n k_n \left(x e^{\frac{2\pi i q}{p}}\right)^{pn} = \infty$. Dans ce cas, φ est remplacée par un nombre *rationnel* $\frac{1}{p}$, λ_n par np, la suite $e^{2\pi i j \lambda_n \varphi}$ ($j = 1, 2, \ldots$) n'ayant alors que p points limites.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance du dénominateur* D(λ) *de Fredholm.* Note de M. **S. A. Gheorghiu**, présentée par M. Hadamard.

Considérons les équations de Fredholm

$$\varphi_i(x) = \lambda \int_a^b K_i(x, s) \varphi_i(s)\, ds + f_i(x) \qquad (i = 1, 2)$$

dont les noyaux sont supposés réels et intégrables. On suppose, de plus, que les noyaux de Schmidt associés aux noyaux $K_1(x, s)$ et $K_2(x, s)$ sont continus à l'intérieur et sur le contour du carré $a \leqq x \leqq b$, $a \leqq s \leqq b$.

Le dénominateur D(λ) *relatif au noyau*

$$K(x, y) = \int_a^b K_1(x, s) K_2(s, y)\, ds$$

est de genre zéro.

Je démontre d'abord qu'étant donné un nombre positif ε, on peut déterminer un nombre R, tel que l'on ait $|D(\lambda)| \leq e^{\varepsilon|\lambda|}$ pour $|\lambda| \geq R$. Je démontre ensuite que le dénominateur de Fredholm relatif aux noyaux de Schmidt associés au noyau $K(x, s)$ est au plus d'ordre $\frac{1}{2}$ par excès. En tenant compte de certains résultats trouvés par M. Valiron (¹), je déduis que l'ordre réel de $D(\lambda)$ est au plus égal à 1 par excès. La démonstration s'achève à l'aide d'un théorème classique de M. Hadamard.

Si l'on suppose que les deux noyaux $K_1(x, s)$ et $K_2(x, s)$ sont identiques, on retrouve un théorème de M. Carleman (²), ainsi qu'un théorème de M. Schur (³).

En essayant de démontrer par une autre voie le théorème qui précède, j'ai été conduit aux propositions suivantes :

Soit

$$F(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots$$

une fonction entière de genre zéro. k étant un entier, positif, supérieur à 1, *la condition nécessaire et suffisante pour que les fonctions entières*

$$f_k(z) = |a_0|^k + |a_1|^k z^k + \ldots + |a_n|^k z^{nk} + \ldots$$

soient aussi de genre zéro est que la fonction $F(z)$ *soit au plus d'ordre* 1 *et de la classe inférieure ou de la première classe, au sens de M. Valiron.*

$r_1, r_2, \ldots, r_n, \ldots$ *étant les valeurs caractéristiques d'un noyau* $K(x, s)$ *réel, continu, symétrique et positif, la condition nécessaire et suffisante pour que le dénominateur* $D(\lambda)$ *relatif à ce noyau soit au plus d'ordre* 1 *et de la classe inférieure est que la série*

$$\text{(S)} \qquad \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\log r_n}{r_n}$$

converge.

Je considère une suite

$$r_1, \quad r_2, \quad \ldots, \quad r_n, \quad \ldots$$

de nombres réels, positifs, non décroissants et tels que la série $\sum \frac{1}{r_n}$ con-

---

(¹) Voir G. Valiron, *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2ᵉ série, **45**, 1921, p. 258 et suiv.

(²) Voir T. Carleman, *Arkiv för matematik, astr. och fysik*, **12**, 1917, nº 15.

(³) Voir Schur, *Mathematische Annalen*, **66**, 1907, p. 488 et suiv.

verge, tandis que la série (S) diverge. Je pose

$$F(z)=\prod_{n=1}^{\infty}\left(1+\frac{z}{r_n}\right)=1+a_1z+\ldots+a_nz^n+\ldots.$$

Les fonctions entières

$$f_k(z)=1+a_1^kz^k+\ldots+a_n^kz^{kn}+\ldots \qquad (k\geqq 2)$$

sont de genre un, tandis que la fonction $F(z)$ *est de genre zéro.*

Plus spécialement, la fonction

$$F(z)=\prod_{n=1}^{\infty}\left[1+\frac{z}{n(\log n)^\alpha}\right] \qquad (1<\alpha<2)$$

considérée par M. Lindelöf jouit de la même particularité.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe d'ensembles définis par une infinité dénombrable de conditions.* Note (¹) de M. **Eugène Selivanowski**, présentée par M. Émile Borel.

Dans la Note présente je me propose d'indiquer une extension naturelle de la famille des ensembles analytiques.

I. *Corps borélien à base arbitraire.* — Soit $\mathfrak{F}$ une famille d'ensembles quelconques E de points. La classe K_0 d'ensembles déduite de $\mathfrak{F}$ en ajoutant à $\mathfrak{F}$ les complémentaires CE des E et tous les résultats des opérations (S) et (P) (somme et partie commune) appliquées à un nombre fini d'ensembles E et CE, est évidemment invariante relativement aux trois opérations : prendre le complémentaire, faire (S) et (P) finies; nous appellerons K_0 *classe initiale*. Désignons par (lim) une opération permettant le passage d'une suite simplement infinie d'ensembles quelconques $E_1, E_2, \ldots, E_n, \ldots$ (supposée convergente) à sa limite unique (²). Les ensembles de points qui peuvent être obtenus, à partir de la classe initiale K_0, au moyen de cette opération (lim) indéfiniment répétée, forment

(¹) Séance du 16 mai 1927.

(²) La suite d'ensembles $E_1, E_2, \ldots, E_n, \ldots$ est dite *convergente* (Ch. de la Vallée Poussin) si les deux ensembles limites de M. E. Borel (*complet* et *restreint*) sont identiques.

les classes généralisées de M. R. Baire

$$K_0, \quad K_1, \quad K_2, \quad \ldots, \quad K_\omega, \quad \ldots, \quad K_\alpha, \quad \ldots.$$

Appelons *corps borélien à base* $\mathcal{F}$ la totalité des ensembles de points qui appartiennent aux classes K : c'est une famille minimante (Sierpinski) d'ensembles de points qui contient la famille donnée $\mathcal{F}$ et qui reste invariante par rapport aux quatre opérations : complémentaire, (S) et (P) finies ou infinies et (lim).

II. *Opération de crible.* — Soit $E_1, E_2, \ldots, E_n, \ldots$ une suite illimitée d'ensembles linéaires quelconques situés sur l'axe des x. Soient $r_1, r_2, \ldots, r_n, \ldots$ tous les points rationnels de l'axe des y rangés dans un certain ordre que nous ne précisons pas, mais que nous supposons précisé. Menons dans le plan XOY par le point r_n la parallèle à l'axe OX et marquons dans cette parallèle tous les points dont les abscisses appartiennent à E_n; leur ensemble e_n est un ensemble linéaire situé sur $y = r_n$.

Par définition même, le *crible* C est la suite $e_1, e_2, \ldots, e_n, \ldots$ des ensembles linéaires ainsi construits dans le plan XOY. Prenons maintenant une abscisse quelconque x et désignons par P_x une perpendiculaire élevée en ce point x à l'axe OX et par R_x un ensemble de points du plan XOY en lequel cette perpendiculaire P_x coupe le crible C; l'ensemble R_x est au plus dénombrable. Deux cas seulement sont possibles : *ou bien* l'ensemble R_x admet une suite infinie décroissante de points $p_1, p_2, \ldots, p_k, \ldots$, chacun plus bas que le précédent, *ou bien* ce n'est pas le cas. Nous appellerons *ensemble criblé positivement* au moyen du crible C l'ensemble E formé des points x de l'axe OX qui vérifient le premier cas; nous appellerons aussi *ensemble criblé négativement* au moyen du crible C l'ensemble $\mathcal{E}$ formé des points x pour lesquels le deuxième cas se présente. Une opération permettant le passage d'une suite illimitée d'ensembles donnés $E_1, E_2, \ldots, E_n, \ldots$ à deux ensembles : criblé positivement E et criblé négativement $\mathcal{E}$ nous appelons *opération de crible;* l'ensemble $\mathcal{E}$ est le complémentaire de E.

III. *Ensembles criblés.* — Le premier des problèmes qui se pose au sujet de l'opération de crible est celui de l'étude générale des *ensembles qui peuvent être obtenus, à partir des intervalles au moyen de l'opération de crible indéfiniment répétée :* nous donnons à ces ensembles le nom général d'*ensembles criblés* [succinctement *ensembles* (C)]. Comme l'opération de crible est plus forte que les opérations (S), (P) et (lim), on peut classer, sans qu'un ensemble non criblé soit intervenu, tous les ensembles criblés de la manière suivante : *la classe zéro* C_0 d'ensembles criblés est formée d'une

partie principale A_0 composée de tous les intervalles, et du corps borélien classique B_0 composé de tous les ensembles mesurables B; *la classe un* C_1 d'ensembles criblés est formée d'une partie principale A_1 composée de tous les ensembles analytiques ordinaires, et du corps borélien B_1 à base A_1. D'une manière générale, quel que soit un nombre α fini ou transfini de seconde classe, *la classe* α, C_α, d'ensembles criblés est formée d'une partie principale A_α composée de tous les résultats de l'opération de crible appliquée *positivement* à une suite d'ensembles $E_1, E_2, \ldots, E_n, \ldots$ de classes précédentes C_β, $\beta < \alpha$, et du corps borélien B_α à base A_α.

IV. *Les propriétés des ensembles criblés.* — Voici les premières propriétés des ensembles criblés :

Théorème I. — *Toute classe* C_α *contient effectivement une infinité d'ensembles qui ne font pas partie des classes précédentes.*

Théorème II. — *Tout ensemble criblé est mesurable.*

Théorème III. — *Tout ensemble criblé a la propriété de M. R. Baire* (n'est pas *inexhaustible non résiduel* de M. Denjoy).

Théorème IV. — *Tout ensemble criblé est une somme formée d'ensembles mesurables* B *numérotés au moyen des nombres transfinis de seconde classe.*

Théorème V. — *Tout ensemble homéomorphe à un ensemble criblé est un ensemble criblé* (*et de même classe et sous-classe*).

Théorème VI. — *Tout ensemble criblé* E *de classe finie* K_m *est un ensemble projectif.*

Théorème VII — *Tout ensemble criblé* E *de* $A_{\alpha+1}$ *est une projection orthogonale d'un ensemble plan criblé de* C_α.

Il serait fort intéressant de savoir si deux ensembles E_1 et E_2 qui n'empiètent pas et qui appartiennent à $A_{\alpha+1}$ sont séparables au moyen de deux ensembles de classe précédente C_α. Si c'est le cas, les propriétés des ensembles criblés présenteraient une analogie parfaite avec celles des ensembles analytiques et seraient simplement des propriétés de l'opération de crible utilisée par Souslin et par MM. Sierpinski et Lusin, et dont la première idée remonte à M. H. Lebesgue.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité des cavitations.*
Note de M. **Basile Demtchenko**, présentée par M. Hadamard.

Dans une Note récente M. Riabouchinsky [1] émet quelques idées sur l'importante question de la stabilité d'une cavitation sphérique. Nous exposons ici nos considérations qui nous permettent, sinon d'affirmer, en tout cas de penser, que les cavitations sphériques dilatantes, ainsi que contractantes, sont stables.

Soient $\varphi(x, y, z, t)$ et $f(x, y, z, t) = 0$ le potentiel des vitesses du liquide et l'équation de la surface de cavitation à l'instant t. Les fonctions φ et f satisfont aux équations

$$(1) \qquad \frac{1}{2}q^2 + \frac{\partial\varphi}{\partial t} = \frac{p_0}{\rho}, \qquad \vec{q}\,\overrightarrow{\text{grad}}\,f + \frac{\partial f}{\partial t} = 0 \quad (\text{sur } f = 0),$$

où $\vec{q}$ est la vitesse d'une particule fluide, p_0 la pression à l'infini et ρ la densité du liquide. Désignons par $\delta\varphi$ et δf les variations des fonctions φ et f qui correspondent au mouvement perturbé. Si la cavitation est stable, on peut considérer ces variations comme des quantités infiniment petites. En égalant à zéro les premières variations des premiers membres des équations (1), on obtient

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} &\frac{d}{dn}\left(\frac{1}{2}q^2 + \frac{\partial\varphi}{\partial t}\right)\delta n + \vec{q}\,\delta\vec{q} + \frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial t} = 0 \\ &\frac{d}{dn}\left(\vec{q}\,\overrightarrow{\text{grad}}\,f + \frac{\partial f}{\partial t}\right)\delta n + \vec{q}\,\overrightarrow{\text{grad}}\,\delta f + \delta\vec{q}\,\overrightarrow{\text{grad}}\,f + \frac{\partial\,\delta f}{\partial t} = 0 \end{aligned} \right. \qquad (\text{sur } f = 0),$$

où n est la normale extérieure à la surface de cavitation et

$$\delta n = \frac{\delta f}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2}}.$$

Ces équations déterminent $\delta\varphi$ et δf. Si l'on pouvait trouver une solution du système (2) telle qu'elle tende, ainsi que ses dérivées partielles du premier ordre vers zéro avec $\delta\varphi_0 = \delta\,\varphi(x, y, z, t_0)$ et $\delta f_0 = \delta\,f(x, y, z, t_0)$, notre hypothèse sur la stabilité serait justifiée et l'on pourrait considérer la cavitation $f = 0$ comme stable.

(1) D. Riabouchinsky, *Sur quelques cas de cavitation* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 583).

Dans le cas d'une cavitation sphérique on a

$$(3)\qquad \varphi = -\frac{\dot{a}a^2}{r}, \qquad f = a - r, \qquad q = \frac{\dot{a}a^2}{r^2}, \qquad \dot{a} = \frac{da}{dt},$$

où a est le rayon de la cavitation. Introduisons les coordonnées polaires r, θ, ψ. Les équations (2) prennent la forme

$$(4)\qquad \left\{\begin{aligned} &\dot{a}\frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial r} + \frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial t} + \ddot{a}\,\delta a = 0 \\ &2\frac{\dot{a}}{a}\,\delta a + \dot{a}\,\frac{\partial\,\delta a}{\partial r} - \frac{\partial\,\delta\varphi}{\partial r} + \frac{\partial\,\delta a}{\partial t} = 0 \end{aligned}\right. \qquad (r = a).$$

Pour simplifier nos raisonnements, supposons que le mouvement perturbé soit symétrique par rapport à l'axe polaire. Développons $\delta\varphi$ et $\delta f = \delta a$ en séries de fonctions sphériques

$$(5)\qquad \delta\varphi = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a^{n+1}}{r^{n+1}}\,x_n(t)\,X_n(\cos\theta), \qquad \delta a = \frac{1}{a^2}\sum_{n=0}^{\infty} f_n(r,\,t)\,X_n(\cos\theta).$$

Substituons les expressions (5) dans les formules (4) et identifions à zéro les coefficients des $X_n(\cos\theta)$. En désignant $f_n(a,\,t)$ par $y_n(t)$, on obtient

$$(6)\qquad \frac{dx_n}{dt} - \beta^2 y_n = 0, \qquad \frac{dy_n}{dt} + \alpha_n^2 x_n = 0,$$

où

$$\beta^2 = -\frac{\ddot{a}}{a^2} = \frac{p_0}{\rho}\,\frac{A^3}{a^6}, \qquad \alpha_n^2 = (n+1)\,a.$$

Nous désignons ici par A le rayon maximum de la cavitation. Soit t_1 un moment quelconque qui précède le moment de la contraction complète de la cavitation. Les coefficients α_n et β étant réguliers dans l'intervalle $t_0 \ldots t_1$, x_n et y_n sont aussi réguliers dans cet intervalle. Désignons par x_n^0 et y_n^0 les valeurs que prennent x_n et y_n à l'instant initial. Les intégrales x_n et y_n du système (6) satisfont aux inégalités

$$(7)\qquad x_n^2 \leqq x_n^{0\,2} + \frac{1}{(n+1)\,N}\,y_n^{0\,2}, \qquad y_n^2 \leqq y_n^{0\,2} + (n+1)\,M\,x_n^{0\,2},$$

où

$$N = \frac{\rho\,a_1^7}{p_0\,A^3}, \qquad M = \frac{\rho\,A^4}{p_0}.$$

D'après (5) et (7) $\delta\varphi$ et δa tendent en moyenne vers zéro avec $\frac{\partial\delta\varphi_0}{\partial r}$ et δa_0.

Par consequent, $\delta\varphi$ et δa ne peuvent avoir une valeur finie que sur l'ensemble de points dont la mesure tend vers zéro avec les variations initiales. Nous voyons que nos hypothèses sont justifiées. Nous n'insisterons pas sur quelques points délicats de notre démonstration qui est d'ailleurs classique. Qu'il nous soit permis d'en conclure qu'il y a lieu de considérer les cavitations sphériques comme stables [1].

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur le renforcement de la tension d'une courroie par le fait de son enroulement sur la poulie.* Note de M. **R. Swyngedauw**, présentée par M. G. Kœnigs.

Ce renforcement se démontre aisément pour une courroie en caoutchouc. Deux dynamos frein, l'une motrice, l'autre génératrice ont leurs poulies de 200^{mm} de diamètre reliées par une courroie de caoutchouc de $4^{mm},4$ d'épaisseur. On relève, par la méthode stroboscopique décrite dans une Note antérieure [2], l'augmentation relative de vitesse $\frac{\Delta V}{V}$ d'un élément de la face externe de la courroie, qui passe du brin tendu ou du brin mou sur la poulie.

L'expérience donne $\frac{\Delta V}{V} = \frac{42}{1000}$.

Or les vitesses des lamelles élémentaires de l'arc de courroie adhérant à la poulie sont proportionnelles à leur distance à l'axe de cette dernière; par suite, la vitesse de la lamelle externe est à celle de la lamelle interne dans le rapport $\frac{1044}{1000}$ dans le cas présent; de sorte que la vitesse de la lamelle externe dépasse celle de la lamelle interne de $\frac{44}{1000}$ de sa valeur.

Si l'on rapproche ce résultat du précédent, on peut conclure que la *lamelle neutre*, c'est-à-dire celle qui conserve la même vitesse après qu'avant son engagement sur la poulie, se trouve être pratiquement celle qui est appliquée contre la poulie, d'où cette conséquence, que toutes les autres lamelles élémentaires étant plus longues après qu'avant l'engagement de la courroie

---

(1) Dans le cas d'une cavitation sphérique contenant un gaz sous pression constante et augmentant en volume, nos raisonnements ne sont plus applicables, p_0 étant négatif. Dans ces conditions la cavitation doit être instable, comme le remarque M. Riabouchinsky.

(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 441.

sur la poulie, *la tension totale de la courroie augmente par son enroulement sur la poulie* (d'environ un dixième de sa valeur dans le cas considéré).

Si l'adhérence est moins parfaite comme pour les courroies en cuir, l'expérience montre qu'avec les mêmes poulies et dynamos, la lamelle neutre est distante de la poulie d'un tiers ou de deux tiers environ de l'épaisseur du cuir, suivant que la courroie est appliquée chair ou fleur sur poulie.

Le raisonnement précédent ne permet plus dans ce cas la démonstration de la proposition énoncée, mais on y parvient en rapprochant de cette donnée sur la position de la lamelle neutre, le résultat expérimental déjà mentionné dans une Note antérieure [1] que dans le glissement fonctionnel, la courroie est adhérente à la poulie sur l'azimut critique (situé entre 15° et 20° du point de premier contact). En effet, puisque dans le brin tendu ou mou toutes les lamelles élémentaires ont la même vitesse que la lamelle neutre et que sur l'azimut critique la vitesse de la face interne de la courroie est plus faible que celle de la lamelle neutre, il en résulte que la face interne atteint la poulie avec une vitesse supérieure à celle de cette poulie, et par conséquent *dans les premiers vingt degrés d'abordage, la courroie glisse en frottant sur la poulie comme si celle-ci était menée;* de sorte que *la tension d'un élément augmente dans cette région au fur et à mesure qu'il progresse sur la poulie.*

Cet arc d'abordage de 20 degrés agit dans le même sens que le reste de l'arc de contact de la poulie avec la courroie si la poulie est menée, mais en sens inverse si elle est menante; ce qui explique pourquoi le *glissement d'ensemble*, signalé antérieurement [1], *commence pour une charge plus faible sur la poulie menante que sur la poulie menée.*

Détermination du coefficient de renforcement. — Quand une courroie s'engage sur la poulie, l'allongement spécifique de sa lamelle externe est dû aux actions simultanées de l'enroulement et de l'accroissement de tension. Mais on peut imaginer que ces deux actions agissent successivement; la courroie subissant avant son engagement sur la poulie un premier allongement dû à un accroissement de tension égal à celui que crée l'enroulement réel, puis un second par le fait de l'enroulement sous une tension constante égale à celle de l'azimut critique.

Dans ce dernier cas, l'allongement spécifique de la lamelle externe dépend uniquement du rayon d'enroulement et l'on peut le désigner

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 859.

par $f(\mathrm{R})$. Quant au premier, il peut s'écrire $\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta \mathrm{T}}{\mathrm{E}s} = \frac{k\mathrm{T}_e}{\mathrm{E}s}$, E étant le coefficient d'élasticité de la courroie de section s tendue sous la tension T_e avant l'enroulement et pour la variation $\Delta\mathrm{T}$ considérée, k étant le coefficient de renforcement de la tension. Si l'on pose $\mathrm{A} = \frac{k}{\mathrm{E}s}$ pour un même couple, sur une même poulie, les variations relatives de vitesses dans l'enroulement, Δme du brin tendu si la poulie est menante et Δge du brin mou si la poulie est menée, s'écrivent en désignant par T et t les tensions des brins tendu et mou

$$(1)\qquad \Delta me = f(\mathrm{R}) + \mathrm{AT}, \qquad \Delta ge = f(\mathrm{R}) + \mathrm{A}t, \qquad (2)$$

d'où $k = \frac{s\mathrm{E}}{\mathrm{T} - t}(\Delta me - \Delta ge)$.

Si l'on applique cette formule aux expériences relatées dans une Note antérieure ([1]), on obtient ce résultat remarquable que pour une tension spécifique d'environ 250g par millimètre carré du brin tendu, *la tension de la courroie qui s'engage sur la poulie augmente de* 32 *pour* 100 *de sa valeur avant l'enroulement, si elle est appliquée fleur sur poulie, de* 9 *pour* 100 *si elle est appliquée chair sur poulie, de* 34 *pour* 100 *si la courroie est en balata;* ce qui implique semble-t-il une fatigue plus grande pour la courroie cuir si elle est appliquée fleur sur poulie plutôt que chair sur poulie.

OPTIQUE. — *Dédoublement d'un rayon de lumière par traversée d'une lame transparente fléchie.* Note ([2]) de M. **Émile Henriot**, transmise par M. Villard.

Lorsqu'on fait tomber un faisceau de lumière provenant d'un collimateur sur une lame à faces parallèles fléchie, il se dédouble en deux faisceaux de lumière parallèle qui, reçus dans une lunette, donnent deux images de la fente. Il faut que la fente soit parallèle à la fibre neutre et, d'autre part, la lame étant fléchie par des pressions distribuées bien symétriquement, on ne doit utiliser que la partie centrale, qui est en état de flexion pure.

L'explication de ce dédoublement est la suivante : si l'on désigne par z la distance, comptée verticalement, à la fibre neutre que je suppose horizon-

([1]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1329.
([2]) Séance du 23 mai 1927.

tale, la tension des fibres varie linéairement en fonction de z ; par suite, les différences $n_0 - n$, $n_e - n$ (où n est l'indice avant déformation, n_0 et n_e les indices ordinaire et extraordinaire) varient linéairement en fonction de z, de même que l'épaisseur, lorsque la lame est fléchie. Le faisceau de rayons ordinaires tourne d'un angle θ_0 qui est le gradient de la quantité $e(n_0 - 1)$, e étant l'épaisseur de la lame ; on peut ainsi écrire

$$\theta_0 = e\frac{dn_0}{dz} + (n_0 - 1)\frac{de}{dz},$$

$\frac{de}{dz}$ est l'angle du prisme formé par la lame qui s'amincit aux régions d'extension et s'épaissit aux régions de contraction. Le deuxième terme est la déviation par ce prisme ; on peut, au second ordre près, remplacer n_0 par n dans ce terme quand on considère les biréfringences et l'angle du prisme comme des quantités du premier ordre. Le premier terme provient du gradient d'indice. On aura donc

$$\frac{\theta_0}{\theta_e} = \frac{e\frac{dn_0}{dz} + (n-1)\frac{de}{dz}}{e\frac{dn_e}{dz} + (n-1)\frac{de}{dz}},$$

$$\theta_0 - \theta_e = e\frac{d(n_0 - n_e)}{dz} = e\frac{(n_0 - n_e)_m}{a},$$

$(n_0 - n_e)_m$ est la biréfringence maxima sur les bords, a la demi-hauteur.

Si l'on mesure pour deux radiations différentes la différence $\theta_0 - \theta_e$ le rapport de ces quantités est

$$\frac{\theta_0 - \theta_e}{\theta'_0 - \theta'_e} = \frac{(n_0 - n_e)_m}{(n'_0 - n'_e)_m},$$

on peut donc espérer obtenir par cette méthode la loi que suit la dispersion de biréfringence.

J'ai utilisé une fente très fine horizontale éclairée par un arc au mercure, la longueur de la fente étant de 1^{mm} environ. Les rayons subissent une réfraction dans un prisme d'axe vertical qui sépare horizontalement les images courtes de la fente qui sont dédoublées dans le sens vertical. On observe à la lunette ou l'on photographie. Les images sont très fines et un nicol les éteint l'une après l'autre d'une manière complète.

Le dédoublement est facilement observable avec une seule lame de xylonite de longueur $= 12^{cm}$, hauteur $= 12^{mm}$, épaisseur $= 4^{mm},5$. Cette substance, utilisée dans les études techniques de photo-élasticité, subit sans se rompre des flexions considérables ; elle est malheureusement absorbante et diffusante et ses surfaces sont médiocres. Le

dédoublement est visible avec une lame de verre de longueur = 13^cm, hauteur = 13^mm, épaisseur = 8^mm, mais pour les mesures j'ai photographié le dédoublement donné par 15 lames semblables fléchies séparément. Avec une distance focale de 30^cm, j'ai obtenu des dédoublements compris entre 0^mm,15 et 0^mm,30.

J'ai mesuré l'indice pour toutes les radiations, afin de voir dans quelle mesure l'expression

$$\frac{(n_0 - n_e)\,n}{(n^2 - 1)^2}$$

est indépendante de λ, c'est-à-dire suit la loi d'Havelock (¹).

J'ai trouvé, en prenant comme unité la biréfringence pour λ = 4358 :

Longueurs d'onde.	n.	$n_0 - n_e$.	$\frac{(n_0-n_e)\,n}{(n^2-1)^2}$.
5780	1,5326	0,956	0,805
5461	1,5344	0,965	0,807
4916	1,5378	0,977	0,806
4358	1,5436	1	0,807
4106	1,5476	1,014	0,806

Au degré de précision de ces mesures, la loi d'Havelock se vérifie.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres continus obtenus par la décharge sans électrodes dans la vapeur de mercure.* Note de M. G. **Balasse**, présentée par M. A. Cotton.

Partant de mes observations relatives aux vapeurs de potassium et de césium, de celles de M. Esclangon relatives à la vapeur de cadmium, j'ai émis (²) l'hypothèse que le spectre continu apparaissant dans la luminescence de ces corps produite par la décharge sans électrodes était le critère du passage d'un degré d'ionisation donné au degré d'ionisation immédiatement inférieur.

J'ai tenté de vérifier cette hypothèse dans le cas du mercure pour lequel le spectre d'étincelle a été fractionné en spectres de divers ordres par MM. L. et E. Bloch (³). Voici les résultats de mes observations :

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, A, 77, 1906, p. 170-182.

(²) G. Balasse, *Décharge sans électrodes en ondes amorties et en ondes entretenues. Spectres continus du césium et du potassium* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1002).

(³) L. et E. Bloch, *Spectres d'étincelle d'ordre supérieur du mercure* (*Journal de Physique*, 4, octobre 1923, p. 333).

Sous une tension de 55000 volts maintenue à l'éclateur j'ai produit :

a. Pour une température donnée, un spectre continu C_A, localisé à la partie médiane des raies, s'étendant dans tout le spectre de 6000 à 2300 Å, se raccordant aux raies d'arc seulement.

Les raies E_1, E_2, E_3 présentent l'aspect décrit par MM. L. et E. Bloch dans leur étude.

b. A température plus basse (ce qui correspond à une excitation plus intense) voisine de la température minimum à laquelle une décharge apparaît sous la tension indiquée, un spectre continu C_{E_1} se raccordant uniquement aux raies que MM. L. et E. Bloch notent E_1. Les raies d'arc traversent ce spectre continu sans subir aucune modification d'intensité. Les raies E_2 les plus intenses traversent ce spectre continu, les autres sont présentes au bord du spectre seulement. Les raies E_3 sont présentes au bord du spectre seulement.

Les spectres continus C_A et C_{E_1} proviennent d'une luminosité localisée entre deux cylindres concentriques de très petit rayon, dont l'axe est celui du tube à décharge. Ils apparaissent donc sur mes spectrogrammes comme deux bandes noires continues, parallèles, coupant à égale distance de leur point milieu toutes les raies qui les traversent.

Une particularité intéressante présentée par C_{E_1} est la suivante : les raies E_2 présentent un affaiblissement d'intensité net à l'endroit où elles coupent ce spectre de sorte qu'elles sont plus intenses au point milieu de leur longueur qu'aux points qu'elles ont en commun avec le spectre continu C_{E_1}.

Des faits signalés ci-dessus en *a*, je conclus que le spectre C_A provient de la chute d'un électron extérieur ou lointain sur l'atome ionisé une fois, lequel retrouve ainsi l'état neutre.

Des faits signalés en *b*, que le spectre C_{E_1} provient de la chute d'électrons extérieurs ou lointains sur l'atome ionisé à un degré supérieur et qui, par ce mécanisme, revient à l'état ionisé une fois.

De la particularité ci-dessus signalée je pense pouvoir conclure que le spectre C_{E_1} est formé pour une grosse part au détriment des raies E_2, lesquelles correspondent donc à un degré d'ionisation supérieur à celui des raies E_1 auxquelles C_{E_1} se raccorde.

Je n'ai pu observer le spectre continu C_{E_2} se raccordant aux raies E_2. Le spectre continu C_{E_2} ne pourrait se produire qu'à des excitations plus intenses que celles employées pour obtenir C_{E_1} lesquelles étaient à la limite supérieure de ce que je pouvais obtenir avec mon installation.

Je pense donc pouvoir affirmer que toutes les fois que l'on passe d'un état d'ionisation $p+1$ à un état d'ionisation p, ce passage est accompagné de l'émission d'un spectre continu, critérium certain de ce passage. Ceci est bien d'accord avec le fait que les raies d'étincelle E_1, E_2, données par MM. E. et L. Bloch, sont émises par des atomes de mercure ionisés une et deux fois.

Il est indispensable pour isoler les spectres continus C_A et C_{E_1} de maintenir le tube à décharge à température très constante : un couple thermoélectrique dont la soudure est dans le four de chauffage ne varie que de 10° environ lorsqu'on passe du régime donnant C_A au régime donnant C_{E_1}. Cette précaution prise, il m'a toujours été possible de produire l'un des deux spectres continus seulement; les phénomènes sont parfaitement reproductibles. Lorsque la température n'est pas restée constante au cours de la prise d'un spectrogramme, on observe un spectre continu se raccordant à la fois aux raies d'arc et E_1. Sous cet aspect le spectre continu présente un caractère identique à ceux mentionnés par M. Esclangon; il est dû à la superposition des deux spectres continus C_A et C_{E_1}.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la radioactivité du plomb, qui a été soumis pendant longtemps au rayonnement solaire*. Note de Mlle **St. Maracineanu**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans une Note précédente (¹) j'ai annoncé que le plomb du commerce insolé présentait parfois une faible radioactivité qui persistait longtemps après. Le premier travail a été fait à l'Observatoire de Meudon. Puis sur le conseil de MM. Lebel et Deslandres, j'ai cherché à étudier la radioactivité des feuilles de plomb soumises depuis longtemps au rayonnement solaire et à la pluie. Or l'Observatoire de Paris a une toiture en plomb, ancienne et horizontale, sur laquelle j'ai fait les expériences suivantes :

J'ai placé sur ce toit en plomb un électromètre très sensible Szilard, dont la chambre d'ionisation a un large fond de 15^{cm} de diamètre environ, en aluminium de $0^{mm},3$ d'épaisseur et démontable. J'ai mesuré le mouvement propre de décharge de l'appareil muni de son fond en aluminium et ensuite dépourvu de son fond et donc recevant le rayonnement directement du toit. Les mesures ont été nombreuses, le fond de l'électromètre étant alternati-

(¹) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 774.

Mesures faites dans l'appartement : 18h 20m.

(Nombre de secondes durant la décharge indiquée par le parcours de l'aiguille devant 5 divisions micrométriques de l'échelle.)

Fond Al $\frac{3}{10}$ mm.	Fond Pb du commerce $\frac{1}{10}$ mm.
98 secondes	93 secondes
90 »	66 »
82 »	81 »
98 »	79 »

Mesures faites en plein air.

(L'appareil de mesure posé sur la toiture de plomb.)

SÉRIE I.

Al.	Pb.
A la base de l'appareil Al $\frac{4}{10}$ mm soutenu par un trépied posé sur le toit et élevé de 10cm :	Appareil dépourvu de son fond Al et déposé sur la toiture en plomb. Base Pb :
78sec	14sec
70	14
70	13,5
68	14
	12
A la base de l'appareil Al posé directement sur la toiture en plomb :	10
48sec	
48	
50	
47	
55	
57	

Nota. — Ces mesures ont été faites par un temps nuageux à 19h.

SÉRIE II.

Mesures faites à 12h.

(Alternance nuages et soleil.)

Al.	Pb.	
30sec	15sec,5	
45	15	
45	12	
55	6	Soleil
67	5	Soleil
	8	Soleil
	15	Nuages
	14	Nuages
	6	Soleil
	4	Soleil

SÉRIE III.

Même base de plomb gratté : 13h.

Al.	Pb.
45sec	18sec
55	18
67	20
70	22
69	17
Charges et décharges à la sortie et à la rentrée des nuages.	

SÉRIE IV.

Une autre partie de la surface en plomb.

(Alternance nuages et soleil.)

19h.

Al.	Pb.
Pas de mouvements perceptibles probablement à cause des charges et décharges alternatives dues au soleil.	15sec
	17
	20
	16
	19

22h.

100sec	12sec
100	12
120	13
	14
	12
	16

vement la feuille d'aluminium et le plomb du toit. Elles ont été faites le matin, à midi et le soir, le ciel étant ensoleillé ou couvert de nuages et j'ai constaté une radioactivité nette du toit en plomb, ainsi que l'indique le tableau ci-dessus (5 à 7 fois plus grande que le mouvement propre de l'appareil).

On voit sur ce tableau que des mesures préliminaires ont été faites dans l'appartement voisin, aussi en alternant fond Al et fond constitué par du plomb du commerce. Le plomb du commerce, préparé toujours avec la galène, n'est pas, comme on sait, radioactif, et *a priori* il est naturel de rapporter au Soleil l'effet constaté, surtout si l'on tient compte des nombreuses expériences antérieures; mais pour avoir une conclusion ferme, il faudra étudier de la même façon d'autres feuilles de plomb longtemps ensoleillé.

Les résultats de ces mesures sont exprimés en div. micr./sec. Pour l'appareil Szilard 1 div. micr./sec = 0,0014 E. S.

Les mesures sont plus régulières le soir après le coucher du Soleil ou bien par un temps nuageux. Elles sont fortement dérangées par le Soleil, surtout à l'entrée et à la sortie des nuages (voir le tableau).

A midi, quand le Soleil darde sur l'appareil, le plomb semble devenir deux fois plus actif qu'à l'ordinaire (voir le tableau).

Ce rayonnement est formé surtout de particules α; mais, d'après les mesures du mouvement propre de l'appareil (fond Al posé directement ou à distance du toit), on peut soupçonner aussi un rayonnement pénétrant de très faible intensité.

La détermination de la période de décroissance de ce rayonnement, le plomb étant soustrait à l'action solaire, s'impose et des recherches seront poursuivies dans ce sens.

Remarques sur la Communication précédente, par M. **Deslandres**.

Les expériences poursuivies depuis 1925 par Mlle Maracineanu à l'Observatoire de Meudon, puis à l'Observatoire de Paris, doivent retenir l'attention; car, vraisemblablement, elles impliquent l'émission d'un rayonnement spécial [probablement ultra X (1)] qui est capable, par une sorte

(1) Ce rayonnement serait d'ailleurs variable d'un jour à l'autre; il doit correspondre aux fortes émissions du rayonnement corpusculaire, issu des couches profondes de l'astre.

de phosphorescence, de modifier la radioactivité des corps ou même de la provoquer. Il est seulement désirable que ces expériences soient répétées et reprises par d'autres personnes et dans d'autres lieux.

Les personnes qui ont du plomb longtemps insolé, et qui n'ont pas les appareils nécessaires à la recherche de la radioactivité, sont priées d'en envoyer un échantillon à l'Observatoire de Paris.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une nouvelle méthode d'étude du dépôt électrolytique des radioéléments.* Note (1) de M. **Joliot**, présentée par M. J. Perrin.

Le potentiel électrochimique des radioéléments qui sont présents en solution en quantité minime (solution 10^{-8} à 10^{-16} normale) a été déterminé par l'étude du dépôt produit en un temps donné sur une électrode plongée dans la solution (2). La courbe qui représente la quantité déposée en fonction du potentiel d'électrode présente un coude brusque indiquant le potentiel de dépôt du radioélément dans les conditions de l'expérience. Chaque point de la courbe correspond à la vitesse moyenne du dépôt pour le temps considéré.

L'appareil décrit ci-dessous a l'avantage de supprimer les manipulations des électrodes et permet d'étudier le phénomène de façon continue.

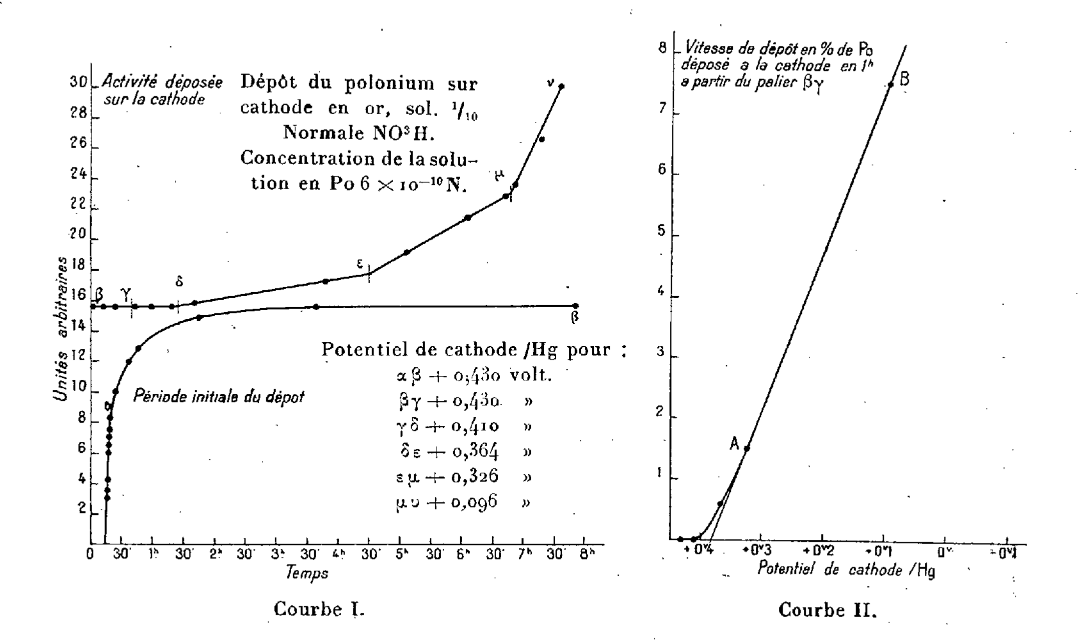
Principe. — L'électrode sur laquelle on veut suivre le dépôt fait partie de la paroi du récipient à électrolyse et est suffisamment mince pour être traversée par le rayonnement du corps actif qui s'y dépose. Le rayonnement, libéré au travers de la fenêtre ainsi constituée, entre dans une chambre d'ionisation. La mesure du courant de saturation correspondant est proportionnelle à la quantité de corps déposé. Le dessin ci-après montre la disposition des diverses pièces de l'appareil.

Particularités. — L'électrode transparente est constituée par une feuille mince de mica de $1^{mg},5$ au centimètre carré sur laquelle j'ai fait un dépôt d'or par pulvérisation cathodique (épaisseur d'or $40^{\mu\mu}$ environ, surface $0^{cm^2},5$). Le rapport entre l'activité déposée et celle mesurée au travers de l'électrode est voisin de 2. Les rayons α du Po étant arrêtés par $\frac{1}{500}$ de millimètre d'eau environ, la couche de liquide actif pouvant donner lieu à

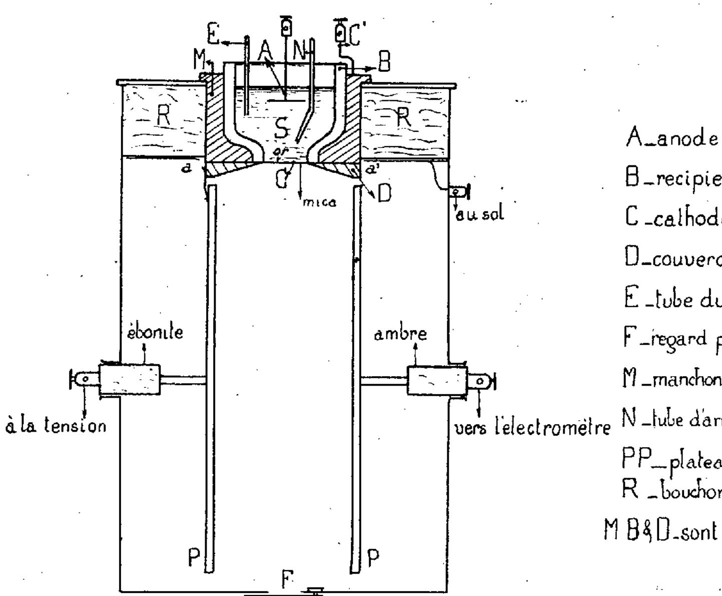
(1) Séance du 16 mai 1927.

(2) G. V. Hevesy et Paneth, *Wien. Ber.*, 123, 1924, p. 1619-1623. Un résumé des divers travaux sur cette question est exposé dans *L'isotopie et les éléments isotopes* de Mme Pierre Curie (*Conf. Rap. Phys.*, p. 30-40).

un rayonnement traversant l'électrode est très peu épaisse, et l'activité correspondante est négligeable.



Courbe I. Courbe II.



A_anode
B_recipient _S_solution
C_cathode C' borne de la cathode
D_couvercle de serrage de la cath.
E_tube du siphon relié à l'électrode normale
F_regard pour l'examen de la cathode
M_manchon métallique cimenté sur B
N_tube d'arrivée d'azote pour l'agitation
PP_plateaux de la chambre d'ionisation
R_bouchon isolant
M B & D_sont rodés suivant aa'

Résultats. — J'ai repris la détermination du potentiel de dépôt du polonium d'une solution nitrique, sur électrode d'or. Les résultats sont traduits par les courbes ci-contre :

Courbe I. — La partie $\alpha\beta$ montre l'allure du phénomène dans la période initiale de dépôt. Le potentiel de l'électrode étant de $+ 0^{v},43/Hg$, la vitesse de dépôt, très grande dans les premières minutes, tombe à une valeur nulle après quelques heures. C'est à partir du palier $\beta\gamma$, défini par une attente de 15 heures, que j'ai fait varier le potentiel de l'électrode.

Courbe II. — J'ai constaté que la vitesse de dépôt offre une montée brusque aux environs de $+ 0^{v},40/Hg$ et que, pour les potentiels inférieurs, elle prend, à potentiel constant, une valeur constante, qui croît quand le potentiel s'abaisse, à condition qu'on la rapporte à une concentration constante de la solution en polonium. La courbe se compose donc de portions de droites $\beta\gamma$, $\gamma\delta$, ... dont les inclinaisons permettent de calculer les vitesses de dépôt. Le point de rencontre de AB avec l'axe des potentiels fournit la valeur critique du potentiel de dépôt $+ 0^{v},38/Hg$ dans les conditions de l'expérience.

Je poursuis ces recherches dans le but d'étudier l'influence de la concentration et la période initiale du dépôt.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Perméabilité du nickel à l'hydrogène. Influence de l'épaisseur du métal.* Note [1] de M. **Victor Lombard**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons complété nos recherches [2] par de nouvelles mesures avec d'autres lames, dont une ayant 2^{mm} d'épaisseur environ; le mode opératoire étant le même.

Dans le tableau suivant, nous donnons les valeurs de la diffusion sous la pression de 770^{mm} de Hg à cinq températures différentes pour des lames d'épaisseurs variant de $0^{mm},16$ à $1^{mm},99$.

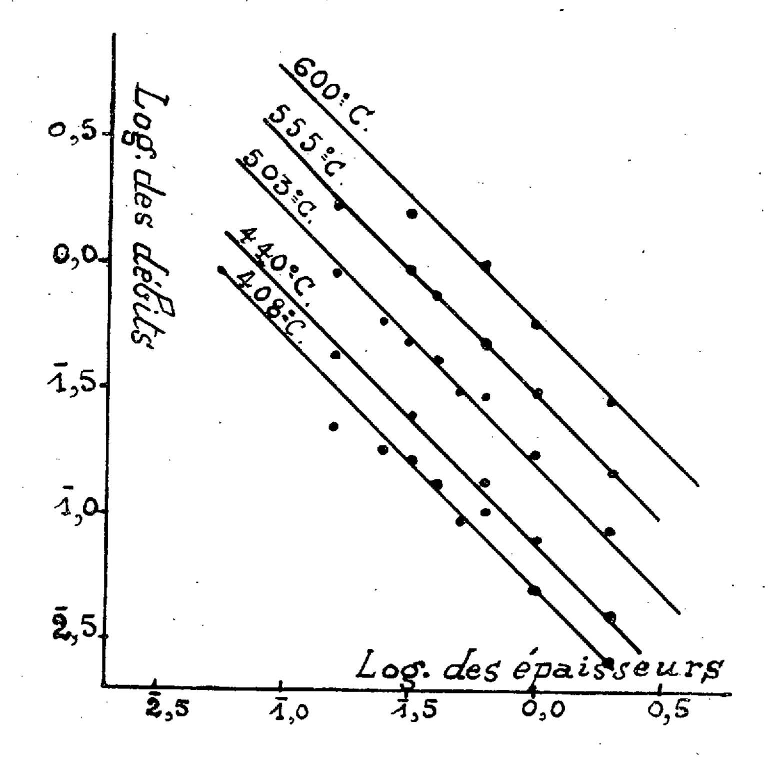
Nous rappelons que par débit nous désignons le nombre de centimètres cubes de gaz, mesurés à 0°C. sous 760^{mm} de Hg, qui traversent une surface de 1^{cm^2} en une heure.

---

[1] Séance du 23 mai 1927.

[2] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 463.

Épaisseurs des lames.	Débits sous la pression de passage de 770^{mm} de Hg à				
	408° C.	440° C.	503° C.	555° C.	600° C.
mm	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3
0,16.......	0,23	0,44	0,92	1,74	»
0,25.......	0,189	»	0,609	»	»
0,31.......	0,172	0,23	0,514	0,95	1,6
0,402......	0,135	»	0,422	0,758	»
0,52.......	0,095	»	0,318	»	»
0,62.......	0,105	0,14	0,305	0,50	1,0
0,998......	0,05	0,08	0,184	0,311	0,6
1,99.......	0,025	0,04	0,09	0,151	0,29



Les valeurs des débits à 408°, 503° et 555° C. ont été obtenues par des mesures directes à ces températures, sauf celle de 0^{cm^3},025 (épaisseur, 1,99; température, 408° C.) qui a été obtenue par extrapolation sur la courbe $d=f(t)$ que nous avons tracée pour la lame de 1^{mm},99.

Les valeurs des débits à 440° C. et 600° C. ont été obtenues par intrapolation sur les courbes $d=f(t)$ correspondant aux lames des différentes épaisseurs.

La figure ci-dessus représente la variation du logarithme du débit en

fonction du logarithme de l'épaisseur du métal, d'après les données précédentes.

On voit qu'à de rares exceptions près les points se placent sensiblement sur des droites parallèles inclinées à 45° sur les axes de coordonnées. Il s'ensuit que, contrairement à notre première opinion, la formule

$$d = \frac{K}{h} \qquad (d = \text{débit}=;\ h = \text{épaisseur};\ K = \text{constante})$$

exprime la loi de l'épaisseur mieux que la formule que nous avons précédemment proposée, cette dernière ne s'appliquant bien que pour des épaisseurs comprises entre $0^{mm},2$ et $0^{mm},7$ environ.

K, fonction de la température et de la pression, est facile à déterminer.

Richardson [1] avait établi une formule théorique d'après laquelle la diffusion d'un gaz à travers un métal est inversement proportionnelle à l'épaisseur du métal. Notre travail en est une vérification expérimentale. Nous n'en connaissons guère qu'une seule autre, celle qu'ont faite M. G. Johnson et P. Larose [2] en mesurant la diffusion de l'oxygène à travers des lames d'argent de $0^{mm},0787$; $0^{mm},135$; $0^{mm},205$ et $0^{mm},248$ d'épaisseur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'érythrite acétylénique* $CH^2OH.CHOH.C \equiv C.CHOH.CH^2OH$.

Note de M. **Lespieau**, présentée par M. Moureu.

J'ai précédemment indiqué [3] comment on pouvait obtenir un liquide répondant à la formule

$$\overset{\overbrace{\quad O \quad}}{CH^2 - CH} - C \equiv C - \overset{\overbrace{\quad O \quad}}{CH - CH^2};$$

mais comme il y avait lieu de se demander si ce liquide n'était pas un mélange de deux stéréoisomères, j'ai cherché à voir ce qu'il en était soit par cristallisation, soit par distillation fractionnées. Ces méthodes n'ont permis aucune séparation, le corps fond très bien sous moins de 1° à —16°, il bout à 87°,5-88°,5 sous 10^{mm}, à 98°-99° sous 20^{mm} et même un échan-

(1) *Phil. Mag.*, 6e série, 7, 1904, p. 268.
(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 1377.
(3) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1367.

tillon a passé presque totalement à 92°,7 sous 13^{mm},5. A 23° on a trouvé pour celui-ci une densité de 1,1189 et un indice pour la raie D 1,4871; ces nombres impliquent une réfraction moléculaire égale à 28,28; à 21° un autre échantillon a donné 28,26. Or le calcul, en prenant pour l'oxygène la réfraction atomique des éthers-oxydes, indiquerait 26,79; il y a donc ici une forte exaltation, mais ayant préparé plusieurs corps possédant une fonction oxyde d'éthylène immédiatement voisine d'une triple liaison, j'y ai toujours trouvé une exaltation notable.

L'hydratation de ce dioxyde par l'eau à 100° se fait très aisément sans catalyseur. On a opéré en tube scellé pour éviter l'évaporation et l'oxydation; après trois jours de chauffe, temps plus que suffisant, on chasse l'eau qui veut bien distiller à 50° dans le vide de la trompe à eau, et l'on se trouve en présence d'un résidu qui pèse exactement ce qu'exigerait la formation théorique d'une érythrite. Ce résidu ne tarde pas à cristalliser.

Mais, même après plusieurs années d'attente, on n'obtient ainsi qu'un magma de cristaux plastique, fondant de 77° à 95°, qui ne peut s'essorer ni par filtration, ni par séjour prolongé sur une assiette poreuse. Et il est fort difficile d'en retirer un corps fondant nettement; les liquides qui le dissolvent bien, eau, alcool méthylique, l'abandonnent sous forme de sirop; l'addition aux solutions de liquides ne dissolvant pas, éther, acétate d'éthyle, précipite également un sirop. Cependant, en essorant les sirops en voie de cristallisation par compression entre les feuilles de papier filtre, reprenant les cristaux par un solvant, et recommençant de nombreuses fois ces opérations, on arrive à élever le point de fusion commençante à 95°; à partir de ce moment on fait cristalliser par évaporation de solutions acétiques, et l'on obtient finalement des cristaux fondant à 113°-114°,5 dont l'analyse (C 49,01; H 6,92; cryoscopie acétique 150) indique qu'il s'agit d'une érythrite acétylénique

$$CH^2OH - CHOH - C \equiv C - CHOH - CH^2OH.$$

Celle-ci est peu soluble dans l'acide acétique (moins de 2 pour 100); dissoute à chaud dans ce solvant, ou dans l'alcool méthylique bouillant elle se précipite en partie par refroidissement. Ses solutions méthyliques décolorent paresseusement le brome à froid, par évaporation du solvant on obtient un sirop et des cristaux; ceux-ci après essorage sur une assiette poreuse et cristallisation dans un mélange d'alcool méthylique et d'acétate d'éthyle fondent à 184°-185°, il s'agit bien d'un dibromure de l'érythrite car l'analyse a indiqué C 23,69; H 3,31; Br 51,95. Quant aux sirops très

abondants qui accompagnent les cristaux il se peut qu'ils renferment des isomères (on a ici deux atomes de carbone asymétriques, et deux atomes de brome qui peuvent être en cis ou en trans), mais ils ne distillent pas sans décomposition.

Pour poursuivre l'étude de cette érythrite, dont j'ai déjà décrit plusieurs dérivés, j'en ai fait la diméthyline biprimaire, en utilisant pour cela un procédé employé par M. Blanchard dans des cas plus simples ([1]). On a chauffé quelque temps au réfrigérant ascendant le dioxyde d'éthylène avec quatre fois son poids d'alcool méthylique et quelques gouttes d'acide sulfurique; on neutralise ensuite, puis on distille. On arrive ainsi, avec de bons rendements, à une diméthyline

$$CH^3OCH^2 - CHOH - C \equiv C - CHOH - CH^2OCH^3$$

bouillant à 143°-143°,5 sous 3^{mm},5. On y a trouvé C 55,05; H 8,08; cryoscopie acétique 177. A 23° sa densité est 1,122 et son indice D 1,477, d'où une réfraction moléculaire 43,82 normale.

Par addition de deux atomes de brome à ce diéther on obtient encore des cristaux et un liquide. Les cristaux purifiés par recristallisation dans l'alcool méthylique fondent à 150°-151°,5. On y a trouvé C 29,00; H 4,30; brome 41,76, ce qui correspond au bromure attendu, mais ici aussi la présence d'une grande quantité de produits liquides laisse soupçonner la présence de plusieurs isomères.

Dans les exemples précédents on n'a pu isoler qu'un des deux isomères stériques prévus par la théorie, il en a été autrement dans le cas des chloroéthylines

$$\begin{array}{c} CH^2Cl - \underset{\substack{| \\ O \\ | \\ CH^3}}{CH} - C \equiv C - \underset{\substack{| \\ O \\ | \\ CH^3}}{CH} - CH^2Cl \end{array}$$

J'avais obtenu un produit de cette formule qui donnait deux dibromures fondant l'un à 71°-72°, l'autre à 107°-108°, le premier très soluble, le second très peu soluble dans le chloroforme. M. Hurion, par enlèvement de brome à ces deux corps, a obtenu les deux chloroéthylines stéréoisomériques, dont voici les propriétés : la première, donnant un dibromure fondant à 107°, bout à 136°-137° sous 11^{mm} et fond à 12°-14°; à 21° densité 1,110 et indice 1,4705; l'autre donnant un dibromure fon-

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 29, 1926, p. 1263.

dant à 71°, bout à 138°-139° sous 13mm et fond à 20°-21°; à 21° densité 1,112 et indice 1,4710. Celle-ci donne très facilement de très gros cristaux.

Tous ces produits ont été analysés et ont donné des nombres corrects.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des chlorures d'acides α-acétoxylés.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **Herzog**, présentée par M. Ch. Moureu.

Si l'on traite les éthers acétiques des acides-alcools α par le chlorure de thionyle, on obtient des chlorures d'acides α-acétoxylés qui, semble-t-il, devraient répondre à la constitution normale :

$$R - CH(O - CO - CH^3) - CO - Cl.$$

Or, l'un de nous a montré ([1]) que l'action de ces chlorures sur les dérivés organozinciques mixtes fournit, non pas des cétones acétoxylées, mais des cycloacétals mixtes du type (I). Comme d'ailleurs les dérivés organozinciques ne réagissent pas, ou très difficilement, sur la fonction éther-sel, on est conduit à attribuer aux chlorures acétoxylés une constitution cyclique du type (II) :

R¹ — CH——CO (O, O) C (R², R³) (I).   R¹ — CH——CO (O, O) C (R², Cl) (II).

Il nous a paru intéressant de rechercher comment se comporteraient ces mêmes chlorures vis-à-vis des carbures benzéniques, en présence du chlorure d'aluminium. A cet effet nous avons préparé le chlorure α-acétoxyisobutyrique, liquide bouillant à 70°, sous 17mm, donnant une anilide qui fond à 100°; puis nous avons traité ce chlorure par le benzène, en présence de chlorure d'aluminium. L'expérience montre qu'on obtient ainsi, tout à la fois, l'acétoxyisopropylphénylcétone et le cycloacétal oxyisobutyrique de l'acétophénone :

$$\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!C(O - CO - CH^3) - CO - C^6H^5$$

$\frac{CH^3}{CH^3}\!>\!C$——CO (O, O) C (CH^3, C^6H^5).

([1]) Blaise, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 596.

Le premier de ces corps bout à 135°-137° sous 14mm; sa semicarbazone fond à 186°-188 et sa *p*-nitrophénylhydrazone, à 171°. L'α-oxyisopropylphénylcétone, qui en dérive par saponification, bout à 125° sous 12mm et donne une semicarbazone (f. 184°-185) et une oxime (f. 106°). Quant au cycloacétal, il est bien cristallisé, fond à 60° et se dédouble, par hydrolyse, en acide oxyisobutyrique et acétophénone. En remplaçant dans cette réaction le benzène par le *p*-xylène, on obtient les dérivés correspondants, toutefois, il est impossible d'isoler le cycloacétal dont on retrouve seulement les produits de dédoublement : α-acétoxyisopropyl-xylyl-cétone (éb. 148° sous 17mm), *p*-nitrophénylhydrazone (f. 212°); α-oxyisopropyl-xylyl-cétone (éb. 136° sous 16mm); semicarbazone (f. 166°), *p*-nitrophénylhydrazone (f. 219°). Semicarbazone de la 2.5-diméthylacétophénone (f. 153°); *p*-nitrophénylhydrazone (f. 152°).

Il y a donc lieu de considérer les chlorures des acides *a*-acétoxylés comme susceptibles de réagir sous deux formes isomères; l'une de ces formes, cyclique, correspondant aux cycloacétals, s'isomériserait en la seconde, acyclique, sous l'influence du chlorure d'aluminium. Cette isomérisation serait analogue à celle qui se produit dans le cas des chlorures d'*o*-phtalyle, mais inverse. Rien ne permet d'ailleurs, jusqu'ici, de penser qu'il s'agit de formes tautomères, susceptibles de donner lieu à un équilibre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la β-pyridyl-α-pyrrolidine (Nornicotine).* Note de MM. **Max** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Charles Moureu.

Nous avons établi précédemment [1] que les anhydrides d'acides organiques transformaient facilement les N-oxydes des bases tertiaires méthylées en N-acyles des bases secondaires correspondantes. Nous avons appliqué cette réaction générale à l'aminoxyde de nicotine et avons ainsi réalisé la préparation de la nornicotine, qui n'était pas encore connue jusqu'à présent.

L'oxyde de nicotine fut préparé selon les indications de Pinner et Wollfenstein [2]. L'acétylation de cet oxyde s'accompagne d'une réaction violente qui peut aller jusqu'à la goudronnisation totale de l'alcaloïde : aussi est-il indispensable de conduire cette opération très lentement et à une température voisine de 0°. Après addition d'une

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 331.
(2) *D. Ch. G.*, **24**, 1891, p. 61.

partie d'anhydride acétique, le produit entre peu à peu en solution; on termine par une nouvelle addition d'une demi-partie de $(CH^3CO)^2O$, et l'on abandonne le tout à froid pendant 12 heures. La solution prend une coloration foncée; on achève la réaction au bain-marie. On chasse ensuite l'excès de $(CH^3CO)^2O$ par ébullition en présence d'alcool absolu et l'on concentre à consistance sirupeuse. Le résidu est traité par un excès de CO^3K^2 et extrait à plusieurs reprises par C^6H^6 bouillant. La solution benzénique, débarrassée des petites quantités de produits basiques entraînés, ainsi que des traces d'oxyde non transformé, par agitation avec quelques gouttes d'eau acidulée, est séchée sur CO^3K^2 et distillée.

L'*acétylnornicotine* reste sous forme d'huile épaisse, peu colorée, d'odeur fraîche, sans tendance à la cristallisation. Soluble dans l'eau, l'alcool, le benzène et le chloroforme, moins soluble dans l'éther, ce dérivé acétylé est doué de pouvoir rotatoire : $\alpha_D = -13°,6$ ($C = 4,32$ pour 100 en solution benzénique). Il donne avec les acides des sels acides, non cristallisables, décomposables par l'eau. Le picrate et le chloraurate sont tous deux huileux.

Dans les mêmes conditions, l'anhydride benzoïque donne avec l'oxyde de nicotine une *benzoylnornicotine* également sirupeuse, très peu soluble dans l'eau.

Les deux produits acylés donnent par saponification la même base secondaire : la nornicotine ou β-pyridyl-α-pyrrolidine

CH²——CH²   CH²——CH²
(pyridyl)—CH   CH²   →   (pyridyl)—CH   CH²
N—COR   NH
N   N

Cette saponification peut être réalisée soit par SO^4H^2 au $\frac{1}{5}$, ce qui permet de déterminer en même temps la quantité d'acide acétique libéré, soit mieux par la potasse alcoolique concentrée. Après distillation de l'alcool, on épuise le résidu à l'éther chaud, qui s'empare de la nornicotine et du dérivé acétylé non attaqué. On les sépare en neutralisant exactement au tournesol la base secondaire par un acide chlorhydrique normal; après évaporation de la solution aqueuse à siccité, on épuise le résidu avec C^6H^6 bouillant qui ne dissout que l'acétylnornicotine, et l'on décompose enfin le chlorhydrate de nornicotine par un alcali.

La nornicotine, bien que très soluble dans l'eau, précipite de ses solutions alcalines concentrées, et est facilement extraite à l'éther. Le résidu de la

solution éthérée est purifié par distillation dans le vide (la norticotine passe entre 150° et 155° sous 30^{mm}). Pour l'obtenir tout à fait pure, on l'engage dans son chloraurate, que l'on purifie à son tour par précipitation fractionnée.

La *nornicotine* $C^9H^{12}N^2$ est une base huileuse, incolore, difficilement entraînable par la vapeur d'eau, d'odeur vireuse, rappelant la nicotine, très oxydable à l'air. $a_D = -20°$ (C = 3, 87 pour 100 dans l'alcool méthylique).

Traitée par le nitrite de soude en milieu acétique, cette base secondaire donne un dérivé nitrosé, huileux, qu'on isole facilement par extraction à l'éther. Avec l'isocyanate de phényle elle donne une urée, également huileuse.

La nornicotine donne des sels neutres et acides, pour la plupart incristallisables.

Le picrate $C^9H^{12}N^2, 2C^6H^3(OH)(NO^2)^3$ précipite de ses solutions alcooliques en poudre amorphe jaune, très peu soluble dans l'alcool, mais se ramollissant dès qu'on le chauffe dans ce solvant. Séché dans le vide il fond à 135°. Le mono et le bichlorhydrate sont amorphes, peu solubles dans l'acétone, et très altérables par la chaleur.

Le chloraurate $C^9H^{12}N^2, 2(HCl.AuCl^3)$ obtenu par précipitation fractionnée de sa solution chlorhydrique est d'une couleur jaune clair. Séché à l'air il fond vers 135°, mais recristallisé il se présente en houppettes jaunes, fondant en se décomposant à 210°-212° (trouvé Au = 48 pour 100; calculé Au = 47,7 pour 100).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérisation de quelques oxydes d'éthylène de formule générale* $C^6H^5-(CH^2)^n-\underset{\diagdown O \diagup}{CH = CH^2}$. Note (1) de Mlle **Jeanne Lévy** et M. **Sfiras**, présentée par M. Béhal.

Parmi les homologues de l'oxyde de styrolène dérivant des carbures éthyléniques de formule générale $C^6H^5(CH^2)^nCH = CH^2$, seuls les oxydes d'allylbenzène (2) et de phénylbutylène ont été jusqu'ici décrits, mais sans que leur isomérisation ait été examinée. Il nous a paru intéressant d'entre-

(1) Séance du 23 mai 1927.

(2) Tiffeneau et Fourneau, *Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 1595.

prendre une étude systématique de l'isomérisation de quelques-uns de ces homologues, notamment pour $n = 1$ à 4, et de chercher à déterminer, d'après le sens de la rupture de l'oxygène pontal, quelles sont, par rapport à l'atome d'hydrogène, les capacités affinitaires des divers radicaux substituants $C^6H^5(CH^2)^n$. On admet, en effet, que dans les oxydes d'éthylène, la rupture de l'une des liaisons de l'oxygène pontal a toujours lieu du côté du carbone possédant les substitutions dont les capacités affinitaires sont les plus élevées.

Les carbures homologues $C^6H^5(CH^2)^nCH = CH^2$ ont été obtenus par condensation avec le bromure d'allyle des dérivés magnésiens des bromures de phényle, de benzyle, de phényléthyle et de phénylpropyle. Les oxydes d'éthylène correspondants ont été préparés par action de l'acide perbenzoïque [1] sur ces carbures.

Ces oxydes présentent une grande stabilité et leur isomérisation n'a été possible qu'en employant un catalyseur, soit par chauffage dans un ballon en présence de traces de Cl^2Zn anhydre, soit en faisant passer les vapeurs de l'oxyde sur de l'alumine chauffée à 260°.

Dans les quatre cas étudiés, nous avons constaté que le produit d'isomérisation est de nature cétonique et répond à la formule générale

$$R - CH^2 - CO - CH^3.$$

La rupture de l'oxyde a donc lieu entre l'oxygène et l'atome de carbone le moins substitué; elle est suivie d'une migration de l'atome d'hydrogène, suivant le schéma

$$\underset{\diagdown O \diagup}{R - CH - CH - CH^2} \rightarrow \underset{\underset{|}{\overset{|}{O}}\quad|}{R - CH^2 - CH - CH^2} \rightarrow R - CH^2 - CO - CH^3.$$

On peut donc en conclure que les capacités affinitaires des radicaux benzyle, phényléthyle, phénylpropyle et phénylbutyle sont inférieures à celle de l'atome d'hydrogène.

Cette conclusion, déjà connue pour le benzyle, ne concorde pas pour le phényléthyle avec la théorie de la polarité alternée induite. On devrait en effet avoir, pour un radical tel que le phényléthyle $C^6\overset{-}{H^5} - \overset{+}{CH^2} - \overset{-}{CH^2}$, une capacité affinitaire (ou une électronégativité) au moins égale à celle du

(1) JEANNE LÉVY et R. LAGRAVE, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, 37, 1925, p. 1597.

radical méthyle; or, dans le cas de l'oxyde de propylène, la rupture a précisément lieu dans les deux sens ([1]).

Oxyde d'allylbenzène. — Cet oxyde déjà décrit ([2]) bout vers 98-100° sous 17^{mm}. Son produit d'isomérisation obtenu avec un rendement de 40 pour 100 fournit une semicarbazone fusible à 183°-184° et identique à celle de la phénylacétone ([3]).

Oxyde de phényl-1-butylène-4 ([4]). — Cet oxyde bout à 106°-109° sous 14^{mm}. Il s'isomérise en donnant avec un rendement de 38 à 40 pour 100 la phényl-1-butanone-2, bouillant à 144-148° sous 25^{mm} ([5]), dont la semicarbazone fond à 141° et l'oxime à 88°.

Oxyde de phényl-1-pentène-4 ([6]). — Cet oxyde bout à 122° sous 16^{mm}. Il s'isomère avec un rendement de 35-38 pour 100 en un produit qu'on a pu identifier avec le phényl-1-pentanone-3 ([7]) bouillant à 132-135° sous 17^{mm}. Cette cétone a été préparée synthétiquement par condensation du bromure de phényléthyle et de l'éther acétylacétique, saponification de l'éther ainsi formé et décomposition de l'acide correspondant; sa semicarbazone comme celle du produit d'isomérisation fond à 127-128° et son oxime à 52°.

Oxyde de phényl-1-hexène-5. — Cet oxyde bout à 136-139° sous 15^{mm} ($d = 1,013$). Il s'isomérise en un produit qui bout à 150-153° sous 17^{mm} et que nous avons identifié à la phényl-1-hexanone-4 ([8]), préparée elle-même par la méthode donnée ci-dessus pour son homologue inférieur; sa semicarbazone fond à 136-137°.

Conclusions. — Dans la série des oxydes d'éthylène dérivés des carbures $C^6H^5(CH^2)^n - CH = CH^2$ la rupture de l'oxygène oxydique a toujours lieu du côté du carbone le moins substitué. Il s'ensuit que la capacité affinitaire des radicaux benzyle, phényléthyle, phénylpropyle et phénylbutyle est inférieure à celle de l'atome d'hydrogène.

([1]) IPATIEFF et LEONTOWITCH, *Ber.*, **36**, 1903, p. 2012. — KRASSOUSKI, *J. Soc. Ch. russe*, **34**, 1902, p. 537.

([2]) FOURNEAU et TIFFENEAU, *loc. cit.*

([3]) TIFFENEAU, *Comptes rendus*, **142**, 1904, p. 1534. — WALLACH, *Ann. Lieb.*, **332**, 1904, p. 317.

([4]) J. BRAUN et MUNCH, *Ber.*, **69**, 1926, p. 1941.

([5]) HARRIES et ESCHENBACH, *Ber.*, **29**, 1896, p. 383.

([6]) J. BRAUN et MUNCH, *loc. cit.*

([7]) DIELS et POETSCH, *Ber.*, **54**, 1921, p. 1584.

([8]) BORSCHE, *Ber.*, **44**, 1911, p. 2594.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les N-alcoylimines de la benzophénone.* Note de M. MARCEL SOMMELET, présentée par M. Béhal.

J'ai indiqué, dans une Note précédente (¹), que la méthylimine de la benzophénone $(C^6H^5)^2C = N.CH^3$ se combine à l'iodure de méthyle et que l'iodométhylate, ainsi formé, après réaction sur l'iodure de méthylmagnésium et décomposition par l'eau du produit obtenu, donne naissance au diméthylamino-1-diphényl-1.1-éthame:

$$(C^6H^5)^2C = N\begin{cases}CH^3\\CH^3\\I\end{cases} \xrightarrow{+CH^3MgI} (C^6H^5)^2C(CH^3) - N\begin{cases}CH^3\\CH^3.\end{cases}$$

Cette amine est caractérisée par le fait qu'elle n'a plus d'hydrogène substituable ni à l'atome de carbone, ni à l'atome d'azote de la liaison C — N, d'où il résulte, pour cette dernière, une grande facilité de rupture vis-à-vis de réactifs comme l'anhydride acétique ou même l'odure de méthyle.

Dans le but d'étudier d'autres cas analogues, j'ai préparé un certain nombre d'alcoylimines de la benzophénone. Ces composés sont jusqu'ici peu connus. Il n'est fait qu'une brève mention de la méthylimine, obtenue par Reddeliey (²) en faisant réagir la méthylamine gazeuse sur l'amile de la benzophénone et de la benzylimine préparée par Hautzsch et von Hornbostel (³) par l'action, à chaud, de la benzylamine sur le chlorure de benzophénone.

C'est à ce chlorure que je me suis adressé pour la préparation de la *méthyl-*, de l'*éthyl-*, de l'*allyl-*, de la *cyclohexyl-* et de la *benzylimine*, en utilisant la réaction

$$(C^6H^5)^2CCl^2 + R.NH^2 = (C^6H^5)^2C = N - R + 2HCl.$$

La méthylamine sèche, en milieu benzénique réagit assez lentement même à 100° et conduit à l'imine cherchée, mais celle-ci est accompagnée de produits goudronneux. La base se transforme beaucoup plus facilement si l'on utilise sa solution aqueuse à concentration voisine de 40 pour 100^{cm^3} et en grand excès; la réaction s'effectue alors par simple mise en contact à froid avec le chlorure de benzophénone et agitation subséquente. Il y a grand dégagement de chaleur; après quelques heures,

---

(¹) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 302.
(²) G. REDDELIEY, *D. ch. G.*, 54, 1921, p. 3121.
(³) HAUTZSCH et VON HORNBOSTEL *D. ch. G.*, 30, 1897, p. 3007.

on peut isoler l'imine qu'accompagnent la benzophénone provenant de l'hydrolyse partielle du chlorure et, éventuellement, ce chlorure lui-même. Un tel mélange ne peut être résolu par distillation fractionnée.

Ayant remarqué que la basicité de l'imine lui permet de se dissoudre dans l'acide chlorhydrique dilué et que la solution obtenue peut se conserver quelque temps sans hydrolyse appréciable à une température comprise entre — 10° et — 5°, j'ai pu extraire la méthylimine, du mélange où elle se trouvait, par simple épuisement chlorhydrique et la régénérer du liquide d'extraction par neutralisation, toutes ces opérations étant effectuées à la température indiquée; une rectification l'amène ensuite à l'état de pureté.

Les autres imines mentionnées ont été préparées en milieu de pyridine sèche. Une quantité importante de l'amine primaire mise en réaction ne servant qu'à fixer l'acide chlorhydrique libéré, on pouvait envisager qu'en présence de pyridine, la transformation s'effectuerait en conformité avec l'équation

$$(C^6H^5)^2CCl^2 + R.NH^2 + 2C^5H^5N \;\rightleftharpoons\; (C^6H^5)^2C=N-R + 2C^5H^5N,\,HCl.$$

Mais, en réalité, quand on laisse en contact, à froid, le chlorure de benzophénone et l'éthylamine, suivant les proportions ci-dessus, en présence de pyridine, il n'y a que 30 pour 100 environ de l'éthylamine qui passe à l'état d'imine, le reste passant à l'état de chlorhydrate et la pyridine n'intervenant que pour une faible part. Il restait donc nécessaire d'employer, par molécule de $(C^6H^5)^2CCl^2$, trois molécules d'amine primaire; ces proportions furent respectées et la pyridine semblant favoriser la réaction, c'est en présence de cette dernière base que les essais ont été effectués. Après un contact suffisamment prolongé à froid, on peut isoler l'imine cherchée que l'on purifie par extraction chlorhydrique.

J'ai pu obtenir avec des rendements satisfaisants :

Méthylimine....	$(C^6H^5)^2C=N-CH^3$	$Eb_{20} = 168°,5$	$F = 47\text{-}49°$
Éthylimine......	$(C^6H^5)^2C=N-C^2H^5$	$Eb_{21,5} = 174°,5$	$F = 61\text{-}62°$
Allylimine......	$(C^6H^5)^2C=N-C^3H^5$	$Eb_{22} = 187°$	$D_4^{22} = 1,0475$
Cyclohexylimine.	$(C^6H^5)^2C=N-C^6H^{11}$	$Eb_{17} = 209\text{-}210°$	$D_4^{24} = 1,0268$
Benzylimine....	$(C^6H^5)^2C=N-C^7H^7$		$D_4^{2} = 1,0358$

Ces imines, sauf la troisième non encore étudiée à ce point de vue, conduisent à des iodométhylates définis et stables; ceux-ci sont hydrolysés quantitativement quand on fait bouillir leur solution dans l'alcool à 90° :

$$(C^6H^5)^2C=N(R)(CH^3)I + H^2O \;\rightleftharpoons\; (C^6H^5)^2CO + R-NH-CH^3,\,HI.$$

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le refroidissement de l'air au coucher du Soleil.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

La baisse de température à la fin de la journée est un élément important à considérer en climatologie. Dans les régions où elle est habituellement forte, elle peut avoir une influence nuisible sur la santé des personnes qui s'exposent sans précautions à ses effets.

Il m'a paru utile d'en rechercher la loi. Je me suis servi des observations recueillies à l'Observatoire de Montsouris. J'ai fait relever sur les diagrammes thermométriques la baisse de température en 3 heures, à partir du coucher du Soleil dans tous les cas où le ciel avait été clair au cours des vingt dernières années. Le nombre de ces cas est de 797.

Un examen préliminaire a montré que la grandeur de la baisse dépendait surtout de la température initiale et de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air (ou, ce qui revient pratiquement au même, de la tension de la vapeur). La pression atmosphérique et la force du vent ont une influence très petite. Constatation assez inattendue : la visibilité, c'est-à-dire le degré de transparence de l'atmosphère dans le plan horizontal, n'a aussi qu'une importance négligeable.

Les observations ont été réparties en groupes, d'après les valeurs de la température et de la tension de vapeur, par intervalles de 5° pour le premier élément et de $2^{mm},5$ pour le second. Ces groupes sont au nombre de 23. Pour celui qui correspond aux valeurs les plus faibles des deux variables, température $-2°,5$ et tension $1^{mm},2$, la valeur moyenne de la baisse est de $1°,4$. Elle est de $3°,8$ pour les valeurs les plus fortes de ces variables, température $27°,5$ et tension $13^{mm},7$.

Le tableau ainsi obtenu montre que la baisse de température augmente avec la température initiale et diminue lorsque la tension s'accroît. Pour représenter ces résultats par une formule simple, il a paru logique d'admettre que la baisse est proportionnelle à la différence entre la température initiale et une certaine température supposée constante, et qu'elle est inversement proportionnelle à la résistance opposée par l'atmosphère au passage de la chaleur, résistance exprimée par la somme de deux termes, l'un constant, relatif à l'air sec, et l'autre proportionnel à la tension de la vapeur. D'où trois paramètres à déterminer.

Cette détermination a été faite par la méthode des moindres carrés. Les 23 groupes ont fourni autant d'équations auxquelles ont été attribués

des poids proportionnels aux nombres d'observations. Je suis parvenu ainsi à la formule

$$B = \frac{t + 10^\circ,3}{6,13 + 0,3 f},$$

où B désigne la baisse de température en 3 heures à partir du coucher du Soleil par ciel clair, t la température et f la tension de la vapeur d'eau.

Les écarts entre les valeurs observées et les valeurs calculées au moyen de cette formule n'ont aucun caractère systématique. Elle paraît donc fournir une réponse satisfaisante à la question posée, dans les limites des observations ayant servi à l'établir. Elle donne la mesure de l'influence de l'humidité, qui n'est pas petite, une tension de 10^{mm} environ réduisant de 50 pour 100 la baisse que l'on constaterait si l'air était sec.

On voit aussi que le refroidissement de l'air est en moyenne le même que celui d'un corps enfermé dans une enceinte dont la température serait de $-10^\circ,3$. C'est la température moyenne dans l'atmosphère à 4000^m de hauteur.

Le refroidissement considéré paraît susceptible de fournir des indications sur la température de l'air à une altitude voisine de 4000^m. Pour contrôler la valeur de ces indications, j'ai noté l'écart entre la baisse indiquée par la formule et la baisse réellement observée dans chacun des 797 cas. Toutes choses égales d'ailleurs, une baisse plus forte que ne le fait prévoir la formule implique une température plus basse en haut et inversement. J'ai constaté que la variation annuelle de cet écart et sa relation avec la direction du vent étaient en assez bon accord avec ce que nous ont appris les sondages.

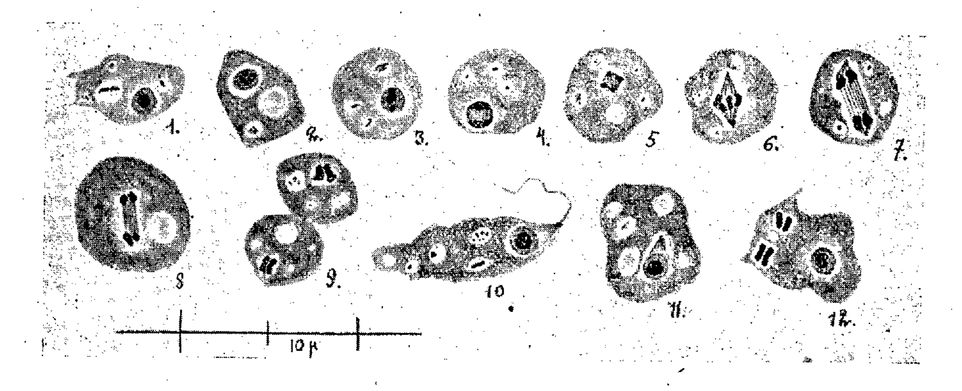
BOTANIQUE. — *Sur le cycle évolutif chez une espèce de Myxomycète Endosporé*, Didymium difforme (*Duby*). *Étude cytologique*. Note de M. **F.-X. Skupienski**, présentée par M. J. Costantin.

Dans ma Note du 11 janvier 1926 concernant le cycle évolutif de *Didymium difforme* (Duby), je souligne particulièrement l'unisexualité des spores de cette espèce. Il faut deux sortes de spores pour obtenir les deux catégories de myxamibes-gamètes et la fructification.

Peu de temps après la germination, le corps protoplasmique devient une zoospore; mais très souvent il subit sa première division caryocinétique dans la spore même, et au moment de la germination de l'enveloppe sporale sortent deux myxamibes au lieu d'un seul.

Pour étudier cytologiquement tous les stades du développement de l'espèce en question, je monte plusieurs séries de microcultures sur les verres porte-objets. Celles-ci sont progressivement fixées par les mélange de Benda, de Flemming, de Bouin ou de Zenker, toutes les 6 heures à partir de l'ensemencement des spores jusqu'aux stades avancés de plasmodes et colorées ensuite par l'hématoxyline ferrique ou la fuchsine acide — bleu de toluidine — *aurantia*. Je mets ainsi en évidence les principaux stades de la division caryocinétique des noyaux.

A la prophase, la chromatine prend tout d'abord l'aspect floconneux irrégulier et forme ensuite un gros cordon régulier occupant la partie médiane de la substance achromatique (*fig.* 2 et 3).



Ce cordon se divise ensuite en deux tronçons égaux dont chacun occupera l'un des pôles de ladite substance achromatique. Il faut considérer ces deux fragments chromatiques comme deux chromosones (*fig.* 4). A ce moment-là la membrane du caryosome se résorbe et la substance achromatique prend ensuite la forme rectangulaire; celle-ci étant jusqu'à présent homogène, montre maintenant de très fines striations, venant des deux coins du rectangle. Dans chacun des quatre coins de ce dernier se placent les quatre chromosones qui proviennent de la division de deux chromosones du stade précédent (*fig.* 5). Nous sommes à la fin de la prophase.

Au stade de la métaphase le fuseau achromatique, formé de très fins filaments parfaitement distincts, occupe juste le milieu de la cellule. Les chromosomes gros et courts occupent la région équatoriale du fuseau et sont tous complètement séparés les uns des autres (*fig.* 6). Ce stade dure relativement longtemps et c'est pour cette raison que nous le rencontrons plus souvent que les autres stades de la division caryocinétique.

Ensuite le fuseau achromatique s'étire, ses filaments se rangent parallèlement les uns à côté des autres et les chromosomes se dirigent par paire vers les pôles de ce dernier (*fig.* 7). Nous sommes en pleine anaphase. Les pôles du fuseau (malgré l'étirement de ce dernier) gardent pendant un certain temps leur forme conique, mais à mesure que les chromosomes avancent, les terminaisons coniques disparaissent (*fig.* 8).

Ensuite le corps de la cellule se rétrécit au niveau de l'ancienne plaque équatoriale, les filaments du fuseau disparaissent et chaque paire de chromosomes se porte à la périphérie même de chaque future cellule-fille. Les chromosomes à ce stade changent

d'aspect; ils deviennent plus longs et ont les bouts émoussés. Le sort du fuseau et la façon dont il se résorbe nous échappent complètement pour le moment (*fig.* 9).

J'ai pu souvent constater *dans un des deux sommets* du fuseau achromatique la présence d'un petit corpuscule qui prend la coloration de la chromatine. Ce corpuscule n'apparaît pas régulièrement dans toutes les divisions caryocinétiques de la même microculture, et j'ai pu me rendre compte qu'il est toujours présent à la division des zoospores et fait défaut à celle des myxamibes. Quand une zoospore s'apprête à se diviser elle perd son cil et tout l'appareil nucléaire y *compris le corpuscule basal* se retire au centre du corps cellulaire. Entre celui-ci et la chromatine on distingue très nettement de très fins filaments, rappelant les filaments du fuseau achromatique (*fig.* 10 et 11).

L'irrégularité avec laquelle ce corpuscule — toujours un seul — apparaît, m'autorise à admettre qu'il n'a rien de commun avec le centrosome proprement dit.

Chez l'espèce en question le plasmode peut être constitué non seulement par la fusion de deux myxamibes (+) et (—), mais par un plus grand nombre de ceux-ci. Donc le nouvel élément — appelé communément zygote — peut être bi, tri, quadri ou même plurinucléé. Il est entendu qu'une zygote binucléée peut aboutir à une plasmode capable de fructifier aussi bien que les zygotes plurinucléées.

Les noyaux de ces éléments nouvellement formés ne se fusionnent pas immédiatement après la fusion des myxamibes, ils restent libres et se divisent après un certain temps de repos par le procédé caryocinétique. Que ces noyaux ne soient pas des noyaux diploïdes, mais haploïdes, le nombre de chromosomes pendant leur division nous l'indique très bien : il est de deux (*fig.* 12).

Aux plasmodes bien différenciés peuvent se joindre d'autres myxamibes-gamètes, rencontrés sur leurs parcours; par conséquent, l'accroissement d'un plasmode peut s'opérer de deux façons : par sa croissance personnelle et par l'adjonction et la fusion d'autres myxamibes-gamètes. Plusieurs plasmodes peuvent se fusionner et former ainsi un grand plasmode.

A part cela, les myxamibes attardés dans leur développement et étant en état d'enkystement, deviennent la proie des plasmodes. Il arrive au bout de quelques jours, un moment capital de l'évolution d'un plasmode : les noyaux haploïdes, qui subissaient jusqu'à présent les divisions successives, entrent en copulation.

On peut facilement voir sur les préparations fixées et colorées tous les stades de cette copulation, depuis le rapprochement des noyaux jusqu'à leur complète fusion. Bon nombre de noyaux restent libres : ce sont des noyaux qui ne trouvent pas de partenaires pour la copulation et qui vont par la suite dégénérer.

CHIMIE ALIMENTAIRE. — *Sur la composition de la graine de fenu-grec et les inconvénients de son mélange aux blés destinés à la mouture.* Note de M. **E. Fleurent**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Dans une précédente Communication ([1]), j'ai attiré l'attention de l'Académie sur la composition de la graine de fenu-grec et basé sur la présence, dans cette graine, d'une matière grasse d'odeur repoussante et d'une résine amère, les raisons qui depuis longtemps ont fait rejeter du marché de Paris les blés dans lesquels sa présence est signalée.

J'ai précisé à nouveau ces faits en examinant divers échantillons de la graine en question et je puis maintenant établir comme suit sa composition moyenne centésimale :

Eau			9,56
Matières solubles.	Azotées	1,61	12,71
	Hydrocarbonées	9,82	
	Minérales	1,28	
Matières insolubles.	Grasses	8,80	77,73
	Résineuses	17,42	
	Azotées	21,93	
	Ligneuses	28,14	
	Minérales	1,44	

L'huile extraite des graines de fenu-grec a une densité de 0,974 à 15°.

La matière résineuse est soluble dans l'alcool, insoluble dans l'essence de térébenthine. Son point de fusion oscille entre 75 et 80° et sa teneur en acides libres correspond à un chiffre de 5,6 exprimé en acide sulfurique. Elle donne un vernis dont la dureté est comprise entre celles des vernis à la colophane et à la gomme laque.

Lorsque la graine est débarrassée avec soin de sa matière grasse et de sa résine, elle donne avec l'eau une solution qui, par centrifugation, aban-

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 944.

donne, sur le fond des tubes, un précipité de nature ligneuse. La solution claire résultante se trouble très légèrement par l'acide acétique, mais précipite par l'alcool la presque totalité de la matière azotée qu'elle contient. Celle-ci, soluble dans l'eau contenant du chlorure de sodium, précipitée au contraire par l'addition d'une quantité suffisante de sulfate d'ammoniaque, paraît donc être de la nature des globulines.

La graine de fenu-grec renferme de 0,850 à 0,971 de P^2O^5, dont aucune partie n'a pu être isolée sous la forme organique de phytine.

L'étude détaillée qui précède m'a permis non seulement de vérifier les conclusions posées dans ma première Note, mais encore de les compléter de la manière suivante.

Outre son amertume spéciale, la résine extraite de la graine de fenugrec répand à l'air une odeur âcre très pénétrante,

D'autre part, la solution aqueuse et l'extrait qui en résulte sont doués eux-mêmes d'une amertume aussi prononcée que celle de la résine elle-même.

Chacun des principes constitutifs de la graine en question apporte ainsi, en mélange à la farine de blé, son coefficient d'odeur et de saveur désagréables. On conçoit donc qu'en raison de cette superposition de propriétés nuisibles, tout blé dans lequel sa présence est signalée doit être, selon la règle du marché de Paris, impitoyablement exclu des tractations commerciales.

PHYSIOLOGIE. — *Du mode d'action des fortes pressions sur les tissus.* Note (¹) de M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons montré (²) que des trains postérieurs de grenouille, comprimés dans une solution isotonique, et remis ensuite à la pression atmosphérique dans cette même solution, s'imbibaient d'une façon très notable.

De plus, l'excitabilité (l'excitant étant le courant induit produit par un chariot de Du Bois Reymond) a totalement disparu, qu'on s'adresse aux cordons de la moelle, au nerf moteur ou directement au muscle.

L'influence perturbatrice d'une forte pression se traduit donc par deux phénomènes :

(¹) Séance du 23 mai 1927.

(²) Maurice Fontaine, *De l'influence des fortes pressions sur l'imbibition des tissus* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1198).

1° Augmentation de poids très notable dans une solution isotonique;

2° Perte de l'excitabilité.

Quel est le mode d'action de ces fortes pressions?

Regnard avait proposé l'explication suivante : « Le protoplasma de l'épithélium, la matière même des fibres musculaires et la myéline des nerfs sont plus compressibles que l'eau, d'une part, et que leur enveloppe, d'autre part, et alors, l'eau les refoule et prend leur place, puis, à la décompression, l'eau, n'ayant pas la possibilité de fuir, gonfle les tissus en les dilacérant » [1].

L'expérience suivante est destinée à vérifier ou infirmer cette hypothèse.

Deux trains postérieurs de grenouille, préparés à la Galvani, sont mis chacun dans un sac de caoutchouc soigneusement fermé à sa partie supérieure. Les deux sacs sont immergés dans l'eau pendant 10 minutes, l'un à la pression atmosphérique, l'autre à la pression de 550^{kg} par centimètre carré. Au bout de ce temps, on retire les trains postérieurs de leur sac de caoutchouc où l'on constate que l'eau n'a pas pénétré.

Le train postérieur qui n'a pas été comprimé est toujours très normalement excitable. Celui qui a été comprimé ne l'est plus du tout.

Nous mettons alors ces deux trains postérieurs dans une solution équilibrée sensiblement isotonique (liquide de Bœr) et suivons, par les variations de poids, l'imbibition. Les chiffres de ce tableau indiquent les variations de poids en pour cent rapportées au poids initial.

	Temps			
		dans le liquide de Bœr.		
Trains postérieurs	à. sec. 10′.	2^{h}30^{m}.	4^{h}.	Au bout de ce temps excitabilité.
Sous pression de 550^{kg} pendant 10 minutes..	−0,48	+9,3	+12,4	toujours nulle
A la pression atmosphérique............	−0,64	+1,2	+ 1,2	toujours très normale

Dans les conditions de notre expérience, l'imbibition des tissus est postérieure à la pression.

C'est donc la pression elle-même qui annihile l'excitabilité et qui confère aux tissus cette énorme capacité d'imbibition.

[1] Paul Regnard, *Recherches expérimentales sur les conditions physiques de la vie dans les eaux*, Paris, Masson, 1891, p. 164.

En résumé, l'imbibition des tissus, loin d'être le mécanisme par lequel la pression lèse la cellule, n'est que la conséquence de modifications apportées par la pression elle seule dans les tissus.

PHYSIOLOGIE. — *L'évolution de l'avitaminose B dans ses rapports avec la constitution des glucides du régime.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **R. Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

En 1923 et 1924, Mme L. Randoin et H. Simonnet, au moyen de régimes artificiels privés uniquement de vitamine B, ont prouvé : 1° que les crises de polynévrite et la mort des animaux avitaminés sont d'autant plus précoces que la proportion des glucides digérés, puis absorbés, est plus grande; 2° que, plus la ration renferme de glucides digestibles, plus elle doit contenir de vitamine B pour être satisfaisante; 3° qu'en fournissant l'énergie exclusivement sous forme de lipides et de protides, on peut entretenir, pendant un temps relativement long, un animal privé de vitamine B. Ils ont émis l'hypothèse que, en l'absence de facteur B, les glucides ne peuvent plus être entièrement utilisés par les cellules de l'économie, et que leur désintégration incomplète donne naissance à des produits intermédiaires dont l'accumulation déclenche, à un moment donné, les accidents nerveux.

En 1926, nous avons pu fournir une preuve expérimentale de l'existence de deux vitamines B : l'une étant un facteur d'utilisation nutritive, l'autre étant plus spécialement antinévritique.

C'est sur l'évolution de l'avitaminose B globale que nous avons fait, d'une manière comparative, l'étude de l'influence des onze glucides suivants : *glucose, lévulose, galactose; — maltose, saccharose, lactose; — glycogène, amidon, fécule, dextrine, inuline.*

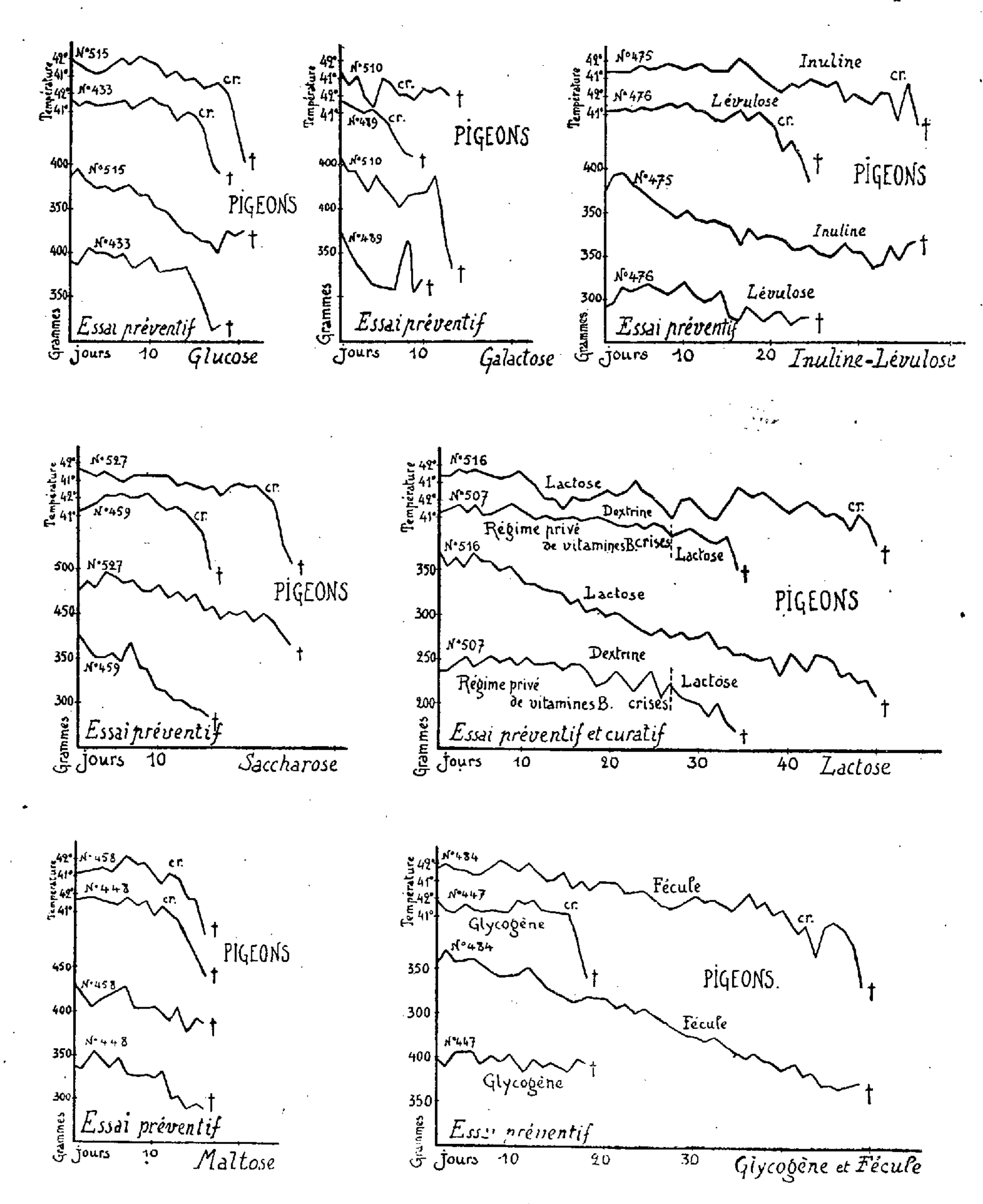
Technique. — Nous avons constitué, pour 11 lots de Pigeons adultes, 11 régimes (sans vitamines B) *ne différant entre eux que par la nature du glucide*, ayant tous, par conséquent, la même composition centésimale : fibrine, 8; caséine, 6; ovalbumine, 5; graisse de beurre, 4; *glucide* pur (ou purifié), 66; mélange salin (« artificial protein free milk » d'Osborne et Mendel), 4; agar-agar, 8; papier-filtre, 2.

Chaque ration a été administrée crue, *par gavage*, à la dose quotidienne de 20g; le poids et la température des Pigeons ont été déterminés chaque jour.

Résultats. — Les durées des survies ont été les suivantes :

Hexoses.		Hexobioses.		Polyoses complexes.	
Glucose	15-20 j.	Maltose	15-20 j.	Glycogène	15-20 j.
Lévulose	22-28 j.	Saccharose	16-25 j.	Amidon (de riz)	25-30 j.
Galactose	9-13 j.	Lactose	35-50 j.	Fécule (de p. de terre)	40-60 j.
				Dextrine	17-27 j.
				Inuline	35-40 j.

Les divers glucides étudiés ne sont pas tous équivalents. Alors que l'ingestion d'un régime à base de *fécule*, de *lactose*, d'*inuline* correspond à



une certaine lenteur dans l'évolution de la polynévrite; au contraire, avec le *galactose*, le *glucose*, le *maltose* et le *glycogène*, les accidents nerveux et la mort surviennent beaucoup plus rapidement. Entre ces extrêmes se placent :

le *saccharose*, la *dextrine*, l'*amidon de riz*, le *lévulose*. Ce dernier, comparé aux autres hexoses, a une influence retardatrice marquée.

Quant au *galactose*, — qui n'existe pas à l'état d'hexose libre dans les aliments, et qui est absorbé, comme le glucose, très rapidement —, il se différencie physiologiquement des autres sucres : 1° parce qu'il est éliminé extrêmement vite par les urines; 2° parce que l'addition des vitamines B au régime n'empêche nullement les crises nerveuses et la mort; 3° parce que l'effet nocif spécial du galactose ne se retrouve plus (chez le Pigeon) dans le cas du lactose pur, dont l'hydrolyse donne pourtant : glucose + galactose; 4° parce que l'emploi d'un mélange, à parties égales, de glucose et de galactose permet encore aux Pigeons une survie de 25 à 30 jours (12ᵉ *lot*).

Conclusions. — D'après les données expérimentales de Cori (1925-1926) sur les taux d'absorption digestive et de mise en réserve des divers hexoses, d'après celles de Reinhold et Karr (1927) sur la valeur de l'hyperglycémie alimentaire produite par différents glucides, d'après nos propres recherches enfin, nous pouvons conclure ainsi : plus l'absorption intestinale d'un glucide donné est tardive ou faible [fécule, lactose (?)] ou plus son aptitude à se transformer en glycogène est grande (lévulose), moins l'avitaminose B évolue rapidement; inversement, plus l'absorption est rapide (galactose, glucose), plus l'aptitude à former du glycogène est faible (galactose) ou plus la tendance à produire de l'hyperglycémie est forte (galactose, maltose), plus rapidement se produit la mort en l'absence totale de vitamines B.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Chronaxie normale du nerf vestibulaire de l'homme.* Note de M. **Georges Bourguignon** et Mlle **Renée Déjean**, présentée par M. d'Arsonval.

Pour rechercher la chronaxie du nerf vestibulaire, nous employons le montage que l'un de nous a donné pour la mesure de la chronaxie de l'homme avec les décharges de condensateurs (1). Nous utilisons, par ailleurs, le dispositif classique de recherche du vertige voltaïque, mais nous en modifions la technique en ce sens que nous substituons à l'établissement progressif du courant une fermeture brusque : ce procédé est le seul qui

(1) G. Bourguignon, *La chronaxie chez l'homme* (*Thèse* de la Faculté des Sciences de Paris, 1 vol., Masson, 1923, p. 79).

permette de déterminer avec précision le seuil de l'inclinaison de la tête vers l'épaule, et de prendre véritablement une rhéobase.

Après avoir ainsi mesuré la rhéobase avec une fermeture brusque de courant continu, on double le voltage rhéobasique et l'on cherche la capacité qui donne le seuil de l'inclinaison de la tête avec ce voltage. Au seuil, dans ces conditions, nous n'avons pas observé jusqu'à présent la rotation qui s'ajoute souvent à l'inclinaison avec des courants plus forts.

Nos expériences ont porté sur 6 sujets, dont 4 hommes et 2 femmes.

Le sujet est assis, les bras pendants. Les électrodes sont maintenues en place par des liens de caoutchouc ou par le ressort de l'électrode double biauriculaire.

Nous avons employé tantôt la méthode bipolaire biauriculaire, tantôt la méthode monopolaire monoauriculaire. Nous n'avons pas fait de recherches avec la méthode monopolaire biauriculaire, c'est-à-dire avec une électrode différenciée bifurquée, soumettant simultanément les deux vestibules à l'action du même pôle.

Les électrodes auriculaires ont été tantôt placées devant le tragus, comme dans la disposition classique, tantôt dans le conduit auditif externe.

Dans la méthode monopolaire, l'électrode indifférente a été placée tantôt sur la poitrine, tantôt à la nuque au niveau de l'espace occipito-vertébral.

Les résultats sont identiques avec toutes ces dispositions des électrodes et la chronaxie est la même, quelle que soit la technique employée. Seule, la rhéobase varie avec le dispositif expérimental.

Quant à la chronaxie, elle est la même dans toutes les dispositions expérimentales.

La chronaxie du nerf vestibulaire est beaucoup plus grande que toutes les chronaxies actuellement connues chez l'homme. Elle varie en effet, suivant les sujets, entre 14^{σ} et 22^{σ}, alors que les chronaxies motrices et sensitives générales sont toutes comprises entre $0^{\sigma},1$ et $0^{\sigma},7$ et que les chronaxies du nerf optique sont comprises entre $1^{\sigma},2$ et $2^{\sigma},8$, d'après nos propres recherches.

La précision des seuils du nerf vestibulaire est telle que, avec un écart entre les valeurs maxima et minima trouvées sur différents sujets du même ordre de grandeur que sur les nerfs moteurs et les muscles, on voit nettement des différences individuelles, ce que l'un de nous n'a pu mettre en évidence sur les muscles et leurs nerfs ([1]). Par contre, il ne semble pas y avoir de différence entre les sexes.

([1]) G. Bourguignon, *La chronaxie chez l'homme*, 1 vol., Masson, 1923, p. 140.

Voici les valeurs minima et maxima sur différents sujets dans différentes dispositions expérimentales :

	Valeur minima.	Valeur maxima.
1er sujet (homme)............	$13^{\sigma},5$	14^{σ}
2e sujet (homme).............	$14^{\sigma},4$	16^{σ}
3e sujet (femme).............	$16^{\sigma},4$	$17^{\sigma},6$
4e sujet (homme).............	18^{σ}	$20^{\sigma},4$
5e sujet (femme).............	20^{σ}	22^{σ}
6e sujet (homme).............	$20^{\sigma},8$	22^{σ}

La chronaxie du nerf vestibulaire, à l'état normal, atteint donc des valeurs qui se rapprochent de celles que L. Lapicque et ses élèves ont trouvées sur le sympathique en physiologie animale. Bien que les chronaxies du système sympathique de l'homme n'aient encore pu être déterminées, il est permis de penser qu'elles doivent être grandes.

Il nous semble donc qu'on peut trouver la signification de la très grande chronaxie du nerf vestibulaire dans ses fonctions mêmes. Les excitations du vestibule sont en effet le point de départ de réflexes organo-végétatifs; le nerf vestibulaire est donc intimement lié, au point de vue fonctionnel, au système sympathique; la grandeur de sa chronaxie affirme ces relations.

Cette nouvelle technique d'exploration du nerf vestibulaire permettra d'étudier, avec plus de précision que ne le permet le vertige voltaïque classique, la pathologie de ce nerf.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Phosphore nucléique, bilans et rapports phosphorés au cours de la croissance.* Note de MM. **Javillier** et **H. Allaire** et Mlle **S. Rousseau**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons souligné l'intérêt que présentent la détermination du phosphore nucléique des tissus [1], celle de certains rapports où ce phosphore intervient et, d'une façon générale, celle des bilans phosphorés [2].

Nous avons cherché à savoir ce qui se passe tout au début de la croissance d'un jeune être. Nos premières observations ont porté, non sur des organes isolés, mais sur des souris blanches prélevées dès leur naissance, puis à 7, 14, 21, 30 et 40 jours. Nos analyses, dont le détail trouvera place ailleurs, ont mis en évidence des faits dont voici le résumé :

---

(1) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 162.
(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 619.

1° *A la naissance, l'animal est plus riche en phosphore nucléique qu'en phosphore lipidique* (0g,044 du premier, 0g,039 du second pour 100g d'animal, soit, respectivement, 0g,214 et 0g,187 pour 100g de matière sèche).

2° *La teneur du jeune être en phosphore nucléique* (c'est-à-dire la quantité, pour 100g de matière vivante, de phosphore des nucléoprotéides) *baisse, et très notablement de la naissance jusque vers la fin de la période de lactation* (de 0g,044 à 0g,031 pour 100g d'animal; de 0g,214 à 0g,117 pour 100g de matière sèche). Rapidement tombée au-dessous de la teneur en phosphore lipidique, elle se relève après le 21e jour et s'établit à un niveau qui, dans les limites de l'observation, demeure cependant très inférieur à celui du phosphore lipidique.

3° *La teneur du jeune être en phosphore lipidique augmente très vite pendant la première semaine, puis régulièrement pendant la période de lactation, et même au delà*, jusqu'au quarantième jour (de 0g,039 à 0g,076 pour 100g d'animal; de 0g,187 à 0g,269 pour 100g de matière sèche). Ce rapide accroissement du phosphore lipidique au début de la croissance a déjà été signalé par A. Mayer et G. Schaeffer (1) dont, sur ce point, nous ne faisons que confirmer les observations.

Ainsi tout à fait inverses se trouvent les courbes qui traduisent les concentrations, chez le jeune être vivant, du phosphore appartenant aux deux groupes de principes immédiats phosphorés les plus évolués : composés nucléiques des noyaux cellulaires, phosphatides des cytoplasmes. Les jeunes cellules paraissent encore plus pressées d'organiser leurs réserves en phospholipides, de réaliser les conditions physico-chimiques qui président aux échanges, que d'augmenter leur masse nucléaire.

4° La proportion du phosphore de transition (phosphore minéral soluble et phosphore organique des produits intermédiaires de synthèse ou de dégradation) augmente vivement après la naissance et subit ensuite des oscillations de faible amplitude.

Il est presque inutile de parler du phosphore immobilisé (phosphore insoluble dans les solvants des lipides et phosphore insoluble dans l'eau chlorurée) dont la proportion subit des variations qui sont surtout en rapport avec les développements relatifs du squelette et des organes mous.

5° *Le rapport* $\frac{\text{P } \textit{nucléique}}{\text{P } \textit{lipidique}}$ *connaît*, en raison des faits mentionnés en 2° et 3°, *d'amples variations;* de 1,14 au début, il *tombe* à 0,46.

---

(1) *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 102.

6° *Le rapport* $\frac{\text{P nucléique}}{\text{P total}}$ *baisse* de 0,14 à 0,07; le rapport $\frac{\text{P lipidique}}{\text{P total}}$ *grandit* au contraire de 0,12 à 0,19.

7° *Le rapport* $\frac{\text{P nucléique}}{\text{P actif (1)}}$ *tombe* en trois semaines de 0,40 à 0,20, tandis que *le rapport* $\frac{\text{P lipidique}}{\text{P actif}}$ *s'accroît* de 0,35 à 0,47.

Ces observations ne s'appliquent, en toute rigueur, qu'à l'organisme étudié. Il est permis de penser qu'elles ont une valeur plus générale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à la Chimie du tissu cancéreux.* Note de M. et Mme **Enselme**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous nous sommes proposé d'étudier les modifications apportées à la composition chimique du tissu cancéreux à la suite du traitement thérapeutique par l'irradiation (rayons ultra-pénétrants) [2].

Notre attention a été portée tout spécialement sur le dosage du phosphore nucléique qui nous paraissait devoir mesurer approximativement le degré de prolifération cellulaire dans le tissu néoplasique.

Une série de déterminations (30 dosages) portant sur des tumeurs du sein, du corps thyroïde et de l'utérus nous a démontré que la teneur en phosphore nucléique oscillait entre 28^{mg} et 35^{mg} pour 100^{g} de tissu frais.

Alors que le tissu normal des mêmes organes nous donnait :

Glande mammaire	18^{mg}
Utérus	13
Corps thyroïde	21

Dans un cas particulier, tandis que l'examen macroscopique d'une tumeur du sein après l'exérèse inclinait à penser qu'il s'agissait d'une tumeur

(1) Sous le nom de phosphore actif, nous entendons la somme P nucléique + P lipidique + P de transition.

(2) Les techniques utilisées sont les suivantes :

La séparation du phosphore nucléique a été réalisée par la méthode récente de M. Javillier.

Pour la séparation du phosphore lipidique, nous avons suivi la méthode de M. Lemeland.

Le dosage du phosphore dans l'un et l'autre cas a été réalisé par la méthode de M. Posternack.

maligne, le dosage du phosphore nucléique nous a donné le chiffre de 20^{mg} pour 100^{g} de tissu frais, très inférieur au taux du phosphore nucléique dans le tissu cancéreux. Or l'examen histologique est venu démontrer qu'il s'agissait d'un adéno-fibrome avec prédominance de tissu conjonctif et pas de signes cytologiques d'évolution maligne.

On peut donc considérer comme démontré l'accroissement du phosphore nucléique dans le tissu néoplasique. Cette augmentation peut être évaluée à 50 pour 100; le phosphore nucléique passant du taux de 20^{mg} pour 100^{g} de tissus frais à celui de 30^{mg}.

L'irradiation provoque dans la constitution chimique du tissu cancéreux une modification profonde. Le phosphore nucléique s'abaisse, il est descendu aux taux de 12^{mg} dans un cas de néoplasme du sein irradié : (12 H par centimètre carré avec appareil à tension constante de 200 kilovolts, 3 milliampères et avec $\frac{5}{10}$ de cuivre et 2^{mm} d'aluminium).

Il était intéressant de rechercher ce que devient le phosphore nucléique du tissu irradié, nous avons dosé parallèlement le phosphore lipidique et nous avons trouvé :

Phosphore lipidique du cancer du sein non irradié : 25 à 32^{mg} pour 100^{g} de tissu frais.

Phosphore lipidique du cancer du sein irradié : 52^{mg} pour 100^{g} de tissu frais.

Par ailleurs, le dosage des graisses dans le tissu irradié nous a montré un accroissement important.

Il résulte de ces constatations que : 1° dans le tissu cancéreux il y a accroissement notable du phosphore nucléique par rapport à la teneur du phosphore dans l'organe sain; 2° l'irradiation fait disparaître cet excès de phosphore et le cancer irradié n'a plus qu'une teneur de phosphore nucléique normale; 3° le phosphore lipidique augmente, au contraire, dans la tumeur irradiée en même temps que la proportion des graisses; on assiste donc, sous l'influence de l'irradiation, à une régression des composés nucléiques avec une tendance du tissu cancéreux à se transformer en graisse; 4° enfin, et c'est là un point qui paraît particulièrement intéressant, cette évolution du tissu néoplasique ne se produit que lorsque l'irradiation a déterminé des effets thérapeutiques efficaces.

MICROBIOLOGIE. — *Bactéries pathogènes, ferments mixtes du lait.* Note de M. CONSTANTIN GORINI, présentée par M. Roux.

Les bactéries dont j'ai étudié l'action sur le lait en ajoutant à ce milieu des substances stimulantes, se comportent comme des ferments mixtes acidoprotéolytiques et se distinguent des ferments acidifiants simples. Ces ferments mixtes présentent un intérêt particulier au point de vue médical. En effet, le lait est pour ces microbes parasites une nourriture favorable puisqu'il leur offre un aliment complet et, au même titre que le sang, des protéines naturelles complexes qui ne se trouvent pas dans les milieux artificiels à base de peptone et de gélatine. J'ai rencontré des bactéries pathogènes telles que le *B. pyogenes bovis*, qui pendant quelque temps après l'isolement de l'organisme, se développent très difficilement dans les milieux ordinaires, mais qui croissent bien dans ces mêmes milieux additionnés de lait ou de sang. Pour qu'il en soit ainsi, il faut ne pas altérer les protéines du lait par une stérilisation à température trop élevée. On peut se convaincre que le pouvoir de cailler le lait, au moyen d'une présure agissant en milieu faiblement acide, est assez répandu chez les bactéries pathogènes qui ne sont pas douées d'un pouvoir acidifiant aussi énergique que les bactéries saprophytes similaires. Je l'ai démontré pour les streptocoques dans une Note précédente [1]. Je viens de faire une constatation analogue au sujet de l'entérocoque dont l'action sur le lait est aussi très discutée. Dans un premier examen, je l'avais classé parmi les ferments mixtes, ayant étendu le contrôle à un plus grand nombre de souches provenant de différents cas et de divers laboratoires, j'en ai rencontré plusieurs fonctionnant comme ferments simples. Ce qui s'explique par le fait que certains auteurs réservent le nom d'entérocoque à une espèce particulière de coccus intestinal pathogène, tandis que d'autres identifient cette bactérie à des bactéries saprophytes connues sous le vocable de *Streptococcus fæcalis*. En effet, suivant que les souches provenaient d'individus sains ou d'individus malades, elles se comportaient soit comme des ferments simples, soit comme des ferments mixtes. Cela concorde avec ce que j'ai démontré pour une autre bactérie de l'intestin, le *B. coli*, selon qu'il provient des fourrages et des grains ou bien des excréments. J'ai isolé de selles diarrhéiques des vaches des souches de *B. coli* qui sont fortement protéolytiques. Même sur

---

[1] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 946; **183**, 1926, p. 250.

la gélatine, rappelant le *B. Bookeri*, variété de *B. coli* trouvée par Ford dans une infection intestinale.

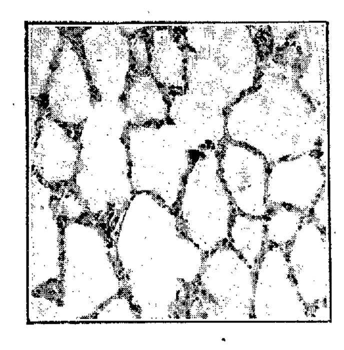
Une autre bactérie que, malgré les discordances des auteurs, j'ai trouvé douée de propriétés acidoprotéolytiques est le *B. pyogenes bovis* qui est pathogène pour diverses espèces animales (bovidés, équidés, porcins, lapins, etc.) et qui à cause de son pléomorphisme est nommé aussi *Streptoccus bovis* et *Staphylococcus bovis* ou encore *Corynbacterium pyogenes*. Je dois pourtant reconnaître que certaines souches ne révèlent leur activité sur le lait qu'après 15 jours et plus. A ce propos je dois regretter qu'on ait trop souvent l'habitude de ne garder les cultures à l'étuve que pendant 3 à 5 jours; si on les y laissait plus longtemps et surtout si l'on mettait les cultures à des températures différentes, on constaterait qu'il y a des types intermédiaires qui, selon la température, fonctionnent tantôt comme ferments simples, tantôt comme ferments mixtes.

Mes nouvelles recherches confirment les précédentes sur l'existence d'espèces bactériennes hétérogènes dans leur action sur le lait; en outre elles donnent l'impression que chez certaines espèces hétérogènes faiblement acidifiantes et protéolytiques, cette propriété de ferment mixte est un caractère de parasitisme ou de parasitisme facultatif, tandis que les bactéries fortement acidifiantes ou ferments simples sont des saprophytes. En d'autres termes, chez certaines bactéries, la vie parasitaire fait prévaloir les cellules capables d'être acidoprotéolytiques et la vie saprophytique fait prévaloir les cellules capables de propriétés acidifiantes énergiques.

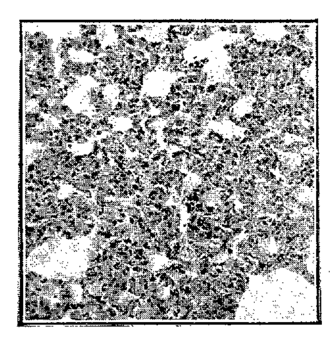
PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *L'élément mécanique* décompression *et l'élément biochimique* hypo-oxygénation *dans la genèse des lésions sanguines et pulmonaires chez les animaux en atmosphères raréfiées*. Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. A. Desgrez.

Les grandes raréfactions atmosphériques, comme je l'ai montré, déterminent, au bout de quelques heures chez les animaux qui s'y trouvent soumis, des modifications structurales du poumon (œdème pariétal de l'alvéole et compression des capillaires), et des lésions hématiques (hématolyse érythrocytique). De plus, injecté dans les veines d'un animal normal, le sérum sanguin d'un animal de même espèce, sortant d'une haute décompression, y provoque une hématolyse similaire, ainsi que des lésions pulmonaires de

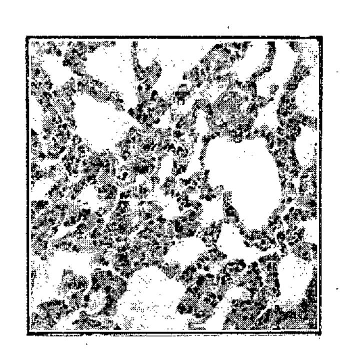
même nature, comme le montrent les microphotographies reproduites ci-après.



Poumon normal.



K. 9500 mètres.



M. injecté avec sérum de K.

Mais l'action pathogène de la raréfaction atmosphérique comprend deux éléments : 1° la décompression, *élément mécanique;* 2° l'hypo-oxygénation, *élément biochimique*. Leur étude en observatoire de haute montagne n'en permet pas une quotation séparée. J'y ai réussi, l'été dernier, à Chamonix, en laissant séjourner une trentaine d'heures des lapins dans des atmosphères variées : 1° dans un air renouvelé, en pression ambiante, suffisant pour assurer la respiration sans trouble, tout en étant réduit au minimum nécessaire; 2° dans un air décomprimé, pur; 3° en air décomprimé, rendu chimiquement normal par addition d'oxygène; 4° en air libre, mais appauvri en oxygène par addition d'azote; 5° en air décomprimé, pur, mais l'animal ayant reçu de l'oxygène sous la peau. J'ai fourni aux animaux mis sous cloche un volume d'air circulant identique en quantité pour toutes les expériences et, précaution indispensable, j'ai assuré l'évacuation des gaz résiduels et des vapeurs excrémentitielles en faisant plonger le tube d'aspiration jusqu'au fond de la cloche, l'air renouvelé entrant, au contraire, par le haut. Les résultats notés sur chaque animal ont été : 1° l'état général, pendant et après l'expérience; 2° l'amplitude de l'abaissement thermique; 3° les modifications hématiques; 4° les lésions pulmonaires histologiques.

Voici le schéma des expériences essentielles entre plusieurs :

Expériences sur la décompression et l'asphyxie pure (Chamonix, 1926).

Lapin D. — 7500^{m} (sans oxygène). T. 39°,4-37°,8 (baisse : 1°,6). Hématies : 6632000. Lésées : 14 pour 100. Alvéolite légère : noyaux disséminés. Sorti de cloche anhélant, mais se remet rapidement.

Lapin A. — 9000^{m} (sans oxygène). T. 39°,3-35°,8 (baisse : 3°,5). Hématies : 5648000. Lésées : 28,7 pour 100. Ilots alvéolaires nombreux et massifs. Sort de cloche chancelant. *Respiration lente.* Très touché.

Lapin B. — 9000^{m} (*Oxygène ajouté*). T. 39°,4-38°,6 (baisse : 0°,8). Hématies : 6925000. Lésées : 9,7 pour 100. Alvéolite légère, comme chez A. Sorti de cloche dispos. Mange dès sa sortie.

Lapin H. — Atmosphère non décomprimée, chimiquement identique à celle de 9500^{m}, par addition d'azote. T. 39°,1-37°,8 (baisse : 1°,3). Hématies : 6770000. Lésées : 6,94 pour 100. Alvéolite moyenne, disséminée. Anhélant, mais vigoureux. Mange sous la cloche, chose exceptionnelle.

Lapin S. — Décomprimé à 8500^{m}, après avoir reçu 250$^{cm^3}$ d'oxygène *sous la peau* (poids du lapin : 1^{kg},200). T. 38°,6-37°,5 (baisse : 1°,1). Hématies : 4860000. Lésées : 5,3 pour 100. Alvéolite moyenne. Larges îlots clairs. Sorti assez anhélant, mais très vigoureux. Se remet vite.

Ces résultats montrent que les troubles dus au séjour dans l'air raréfié sont causés aussi bien par l'action mécanique *seule* que par l'hypo-oxygénation *seule*. Leurs effets s'ajoutent. Il convient de noter que l'injection sous-cutanée d'oxygène (Lapin S) supprime presque totalement les troubles. Nous le constatons depuis longtemps à l'Observatoire du mont Blanc. Il faut prévoir que le jour où l'on pratiquera régulièrement, par la voie des airs, les grands voyages transocéaniques sans escale possible, tels que la traversée de l'Atlantique, la nécessité s'imposera de prémunir les passagers contre des accidents possibles de respiration. Il faudra alors recourir aux injections d'oxygène, car les inhalations, utiles aux ascensions hautes et courtes, seraient dangereuses dans les longs voyages. M. Charles Richet, et MM. Achard, Binet et Leblanc ont récemment montré que l'oxygène, ajouté, même en petite quantité à l'air respirable, peut amener la mort en quelques heures, par inhalation ([1]). Mais, en injections sous-cutanées, on n'a jamais constaté rien de semblable. Quant au volume d'oxygène qu'il serait nécessaire d'injecter, il ne dépasserait pas les possibilités d'application. Je m'en suis rendu compte sur moi-même en me faisant décomprimer en caisson, en 1918 à Saint-Cyr.

([1]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 771.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Toxine diphtérique et adrénaline des surrénales.* Note [1] de MM. G. **Mouriquand**, A. **Leulier** et P. **Sédallian**, présentée par M. Charles Richet.

La toxine diphtérique a une influence considérable sur les capsules surrénales, et Chalier, Brochier, Chaix et Grandmaison [2] viennent d'attirer de nouveau l'attention sur l'insuffisance surrénale au cours de l'angine diphtérique maligne.

En 1905, Franz Luksch [3] démontra expérimentalement que l'injection de toxine diphtérique faisait diminuer considérablement le taux d'adrénaline dans les surrénales du lapin et du chien. En comparant l'action physiologique des extraits surrénaliens de ces animaux avec celle des extraits provenant d'animaux sains, toutes choses égales d'ailleurs, il enregistra une chute très notable du pouvoir hypertenseur avec les préparations fournies par les organes des animaux intoxiqués. André Marie [4], James Ritchie et Ninian Bruce [5], Porak [6], Shoze Mikami [7] confirmèrent les résultats de Luksch. Mais, Luksch ayant employé une méthode physiologique, nous avons voulu d'une part reprendre cette étude avec la technique chimique de Bailly [8], qui nous a permis de démontrer l'existence de l'adrénaline virtuelle dans les capsules surrénales du cobaye normal, et d'autre part de suivre, si possible, le processus de l'intoxication diphtérique. Luksch, en effet, a utilisé plusieurs animaux morts depuis plus ou moins longtemps et les phénomènes organiques ont pu intervenir pour une part inconnue dans les résultats observés par cet auteur. C'est pourquoi nos dosages ont été effectués sur des capsules de cobayes sacrifiés à des temps variables après l'injection d'une dose mortelle de toxine diphtérique.

Nous avons eu l'intention également de nous rendre compte des destinées de l'adrénaline partiellement combinée et de voir si la toxine diphtérique la faisait diminuer dans le même sens que l'adrénaline libre.

---

(1) Séance du 9 mai 1927.

(2) *Journal de Médecine de Lyon*, 8, CLXV, 1927, p. 1.

(3) *Wiener Klinische Wochenschrift*, 18, XIV, 1904, p. 345, et *Virchows Archiv*, 223, 1917, p. 290.

(4) *Annales de l'Institut Pasteur*, 27, 1913, p. 294.

(5) *Quarterly Journal of Physiology*, 4, 1917, p. 127.

(6) *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, 17, 1919, p. 95.

(7) *Tohoku Journal of experimental Medicine*, 6, 1925, p. 299.

(8) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1353.

Nos expériences ont porté sur une soixantaine d'animaux, groupés par séries de six ou de trois.

Voici les chiffres trouvés sur les capsules fraîches et sur des lots identiques de capsules conservées 24 heures dans le vide sulfurique.

				Adrénaline.	
				Pour 100 de glandes fraîches.	Pour 100 de glandes desséchées pendant 24 heures.
1.	Cobayes sacrifiés	8 heures	après l'injection.	traces non dosables	0,11
2.	»	9 heures	»	0,07	0,13
3.	»	9 heures	»	0,12	0,13
4.	»	9 heures	»	0,16	0,15
5.	»	9 heures	»	0,13	0,18
6.	»	9 heures	»	0,13	0,25
7.	»	9 heures	»	0,26	0,27
8.	»	9 heures	»	0,039	0,19
9.	»	10 heures	»	traces non dosables	0,08
10.	»	12 heures	»	0,085	0,13
11.	»	15 heures	»	0,05	0,10
12.	»	16 heures	»	0,10	0,11
13.	»	16 heures	»	0,08	0,09
14.	»	18 heures	»	0,06	0,10

Conclusions. — La toxine diphtérique fait diminuer considérablement la teneur en adrénaline de la médulle-surrénale du cobaye : mais, chez les animaux sacrifiés de 9 à 10 heures après l'injection, cette diminution n'est nette que dans 50 pour 100 des cas observés. Elle paraît devenir une règle générale si l'on sacrifie les animaux peu de temps avant leur mort probable, soit de 15 à 20 heures après l'injection.

La toxine diphtérique laisse subsister une certaine proportion d'adrénaline « virtuelle » et la quantité de celle-ci devient très faible lorsque le taux de de l'adrénaline libre dans les capsules fraîches est très élevé. On en rencontre très peu également dans les organes des animaux profondément atteints [1].

A 16h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18h.

E. P.

---

(1) Chez le cobaye normal la teneur en adrénaline est en moyenne de 0,24 pour 1000 de glandes fraîches (chiffres extrêmes 0,15 et 0,31).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 7 JUIN 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Lasareff**, membre de l'Académie des Sciences de Leningrad et directeur de l'Institut de Physique et de Biophysique de Moscou, qui assiste à la séance.

GÉOLOGIE. — *Essai sur l'histoire pliocène du bassin de la Seine.* Note (¹) de M. **Ch. Depéret**.

La très intéressante découverte faite par M. E. Bruet (²) d'une faune pliocène supérieure ou *villafranchienne* avec *Equus Stenonis*, *Bos etruscus* (= *elatus* Pomel) et *Hippopotamus major*, dans une terrasse de 140^{m} au-dessus du thalweg de l'Aujon, affluent de l'Aube, permet maintenant un aperçu plus précis sur l'histoire géologique encore bien obscure du bassin parisien aux temps Pliocènes.

Je me préoccupais depuis longtemps du fait anormal que la mer pliocène n'avait pas pénétré dans le bassin de la Seine, ni dans celui de la Somme, alors qu'elle s'était largement étalée sur la Flandre, la Belgique, le sud et l'est de l'Angleterre, et que, d'autre part, elle avait envahi les vallées armoricaines (la Vilaine jusqu'à Redon) et qu'elle avait effleuré la côte du Cotentin.

On pouvait imaginer deux explications : ou bien la vallée de la Seine et

---

(¹) Séance du 16 mai 1927.

(²) E. Bruet, *Sur la découverte du Pliocène supérieur dans la vallée de l'Aujon* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1262).

celle de la Somme n'existaient pas à l'époque pliocène, ou bien elles avaient été remblayées jusqu'à de grandes hauteurs par des formations fluvio-continentales pliocènes. Nous verrons plus loin quelle part il convient de faire à chacune de ces deux hypothèses.

Des faits nombreux déjà publiés attestent l'existence dans le bassin de la Seine de *très hautes terrasses fluviales* de la fin du Pliocène.

Dès 1888, MM. de la Noë et Margerie ([1]) faisaient remarquer que les plateaux élevés du bassin de Paris jalonnaient une surface régulière dominant de 100 à 200^{m} le fond des vallées actuelles.

M. Briquet ([2]) a donné à cette surface le nom de pénéplaine du nord de la France, en la considérant comme postérieure au Pliocène de Belgique et datant vraisemblablement du Pliocène supérieur. Mais cette vue théorique n'était appuyée d'aucune preuve paléontologique.

En 1912, à la Réunion extraordinaire de la Société géologique à Laon et à Reims, je faisais remarquer ([3]) l'existence sur les plateaux éocènes des deux côtés de la vallée de l'Ailette, au nord de Monthenault et au sud de Cerny, d'une couverture de galets roulés emballés dans un limon d'altération argileux. J'ai ajouté que ces galets, provenant en partie des sables de Beauchamp, ne peuvent avoir été ainsi étalés en nappes sur ces plateaux que par un *cours d'eau antérieur au creusement des vallées actuelles*, et dominant la vallée de l'Ailette de plus de 100^{m} (exactement 133^{m}). Il est probable que ce cailloutis, aujourd'hui peu épais, a été en partie dénudé et répond à une *terrasse pliocène* d'environ 140^{m} au-dessus des thalwegs actuels.

Dans un remarquable travail sur les terrasses de la Seine, M. Chaput ([4]) signale le long de la vallée, l'existence de hauts niveaux d'alluvions à 140^{m} et jusqu'à 200^{m} au-dessus du fleuve actuel, notamment entre Vernon et Mantes, entre Bouafles et les Andelys, puis plus en aval, à la base des méandres de Rouen, de la forêt de Roumare et de Duclair. Mais il ajoute : « Les alluvions conservées sur les hauts plateaux dominant le fleuve actuel de 100 à 200^{m} environ ne permettent pas de reconstituer des vallées

---

([1]) De la Noë et de Margerie, *Les formes du terrain* (Imprimerie nationale, 1888).

([2]) Briquet, *La pénéplaine du nord de la France* (*Annales de Géographie*, **17**, 1907, p. 205).

([3]) C. Depéret, *Bull. Soc. géologique de France*, 4e série, **12**, 1912, p. 748.

([4]) E. Chaput, *Recherches sur les terrasses alluviales de la Seine entre la Manche et Montereau* (*Bull. du Service de la Carte géologique de France*, **27**, LIII, 1924).

anciennes à berges définies, correspondant à un niveau de base aussi élevé. » Il admet toutefois que les plateaux assez continus, de Mantes aux Andelys, indiquent probablement un ancien fleuve à 130-140^m au-dessus du niveau actuel de la Seine.

Paléontologiquement, nous ne connaissons dans le bassin de la Seine que deux gisements pouvant dater ces hautes terrasses : 1° le gisement de 140^m de la vallée de l'Aujon, découvert par M. Bruet et dont l'âge *Villafranchien* n'est pas douteux, à la fois par la faune et par sa situation dans une terrasse très élevée ; 2° le célèbre gisement de Saint-Prest, près Chartres. Dans un travail [1] en collaboration avec le Dr Mayet, j'ai montré par l'étude des mutations du groupe de l'*Elephas meridionalis* que le type de Saint-Prest est plus récent que le type Villafranchien et un peu plus ancien que la mutation quaternaire ou *sicilienne* du Forest-bed. D'autre part, au point de vue stratigraphique, les graviers fossilifères de Saint-Prest, loin d'être un dépôt de plateaux élevés, descendent dans le fond de la vallée de l'Eure jusqu'à une quinzaine de mètres au-dessus du thalweg actuel, ce qui implique un creusement profond de la vallée de l'Eure à cette époque. Le sommet du remblaiement consécutif est difficile à préciser par suite du ravinement de ces graviers par une terrasse quaternaire de 30^m ; mais M. Chaput estime que ce remblaiement a dû s'élever jusqu'à 86^m au moins au-dessus de l'Eure et probablement davantage. Pour ces deux motifs paléontologique et stratigraphique, les graviers de Saint-Prest répondent à une époque plus récente que le Villafranchien, intermédiaire entre ce dernier étage et le Sicilien.

Conclusions. — D'après les données précédentes, je vais tenter de résumer l'histoire pliocène du bassin de la Seine.

1. Pliocène ancien (étages *Plaisancien* et *Astien*). Aucun dépôt marin ni continental de cette époque n'a encore été découvert dans le bassin de Paris. La mer pliocène n'y a pas pénétré par suite de l'absence du creusement de *vallées prépliocènes*. Le réseau actuel des vallées n'existait pas, et le bassin de la Seine, uni au Nord à celui de la Somme, et au Sud à celui de la Loire, formait un *large socle continental* s'étendant depuis le détroit du Pas de Calais jusqu'au Cotentin, socle uni à l'Angleterre à travers la Manche. C'est par ce pont large de 250^{km} environ que les faunes terrestres pliocènes du Crag corallin, du Crag rouge et du Crag fluvio-marin ont pu passer du continent sur les Iles Britanniques.

---

(1) C. Depéret et L. Mayet, *Les Éléphants pliocènes*, 2e Partie (*Annales Université Lyon*, fasc. 42, 1923, p. 150-153).

2. Pliocène supérieur. A. Étage *Villafranchien*. A la surface du socle continental du bassin de Paris, des fleuves ont déposé sur les plateaux éocènes et oligocènes des nappes de graviers peu épaisses mais largement étalées, aux altitudes d'abord de 200^{m}; puis de 140^{m} au-dessus des thalwegs actuels. Selon M. Chaput, ces graviers de 140^{m} dessinent peut-être, de Mantes aux Andelys, une ébauche de la future vallée de la Seine, mais sans profondeur et sans berge bien définie. Il en était de même de la vallée de l'Ailette, affluent de l'Oise, et de celle de l'Aujon, affluent de l'Aube, où M. Bruet a découvert dans la terrasse de 140^{m} la faune terrestre Villafranchienne.

B. Étage *Saint-Prestien*. A l'époque terminale du Pliocène ou *Saint-Prestienne*, le réseau des vallées du bassin de la Seine se trace profondément par suite sans doute d'un abaissement important des lignes de rivage de la Manche. Nous en avons la preuve tout au moins pour la vallée de l'Eure où les graviers à Mammifères pliocènes de Saint-Prest descendent jusqu'à 15^{m} au-dessous du thalweg actuel. Ce creusement est suivi d'une période de remblaiement dont le palier supérieur atteint au moins 86^{m} et probablement plus de 100^{m} au-dessus de la vallée actuelle de l'Eure (M. Chaput). Ce double phénomène de creusement et de remblaiement a dû être alors général dans tout le bassin de la Seine, bien que la preuve directe nous manque pour le moment sur d'autres points.

Après le Pliocène, de nouveaux abaissements successifs des lignes de rivage vont déterminer la formation de terrasses quaternaires aux altitudes d'environ 90-100^{m}, 55-60^{m}, 30-35^{m} et enfin 18-20^{m}, terrasses d'une très grande généralité dans tout le bassin de la Seine, et aussi de la Somme et de la Loire.

HYDROGÉOLOGIE. — *Les grands bassins artésiens de la Russie d'Europe.* Note (¹) de M. **Édouard Imbeaux** (²).

Le grand bassin russe est presque entièrement constitué par les terrains primaires que recouvre le manteau (souvent troué) de l'argile glaciaire :

(¹) Séance du 16 mai 1927.

(²) On voudra bien se reporter à titre de comparaison à mes précédentes Notes : *Les grands bassins artésiens de l'Australie* (*Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1681); *Les grands bassins artésiens des États-Unis* (*Ibid.*, **179**, 1924, p. 726 et 799), ainsi qu'à mon article : *Les nappes aquifères de France* (*Bulletin de la Société géologique de France*, 4ᵉ série, **10**, 1910, p. 180).

toutefois le Jurassique et le Crétacé les surmontent au nord et au sud de l'*axe dévonien d'Orel-Tula*, et c'est le Crétacé qui remplit la fosse profonde de Kharkov-Poltawa (*bassin du Sud-Russe*). La disposition et l'inclinaison des couches (résultant des ondulations du toit de l'archéen) sont figurées schématiquement par les deux grandes coupes nord-sud et est-ouest de la figure, laquelle donne en outre le détail des terrains sous les villes de Saint-Pétersbourg, Moscou et Kharkov, où ont été forés de nombreux puits artésiens.

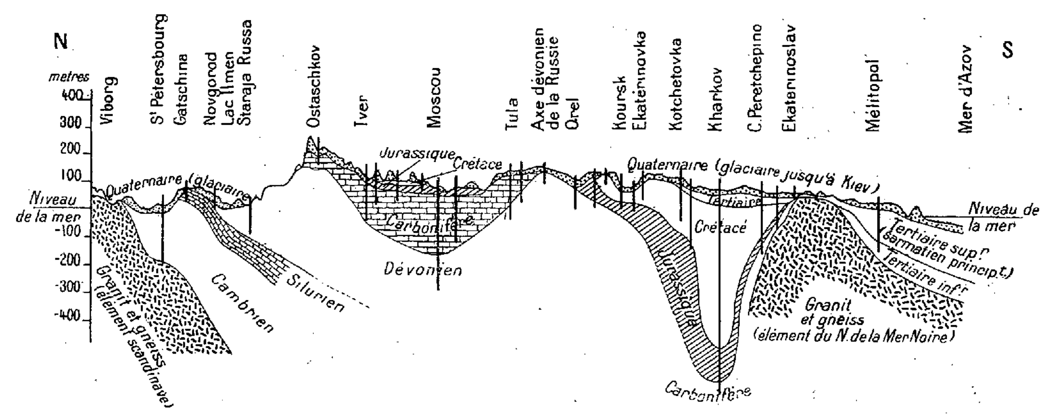
Région du Nord-Ouest. — Comme on le voit, en partant de la bordure du bouclier scandinave (de la Courlande à la mer Blanche), les couches primaires plongent fortement vers le Sud et présentent ainsi des conditions favorables à l'artésianisme (vers l'Est, elles sont au contraire faiblement inclinées, jusqu'à ce qu'elles se redressent brusquement aux monts Oural). Ainsi, les bancs de grès du Cambrien inférieur (grès à fucoïdes) sous la grande épaisseur de l'*argile de Revel* alimentent les puits artésiens de Saint-Pétersbourg (60 puits de moins de 213^m de profondeur, donnant ensemble de 7 à 10 litres par seconde d'une eau dure et à 2 ou 3^g de NaCl).

Au sud-est de la capitale, le Silurien apparaît et forme un grand plateau : aux environs de Gatschina, le Silurien supérieur manque, mais le *calcaire de Jewe* règne sur environ 35^m d'épaisseur et contient un niveau d'eau qui devient artésien en s'enfonçant vers le Sud ([1]), l'eau s'arrêtant soit sur les schistes bitumineux de Kucker, soit sur ceux à Dictyonema, soit en tout cas sur l'argile de Revel. Plus loin le Dévonien succède au Silurien : il se subdivise en trois étages, les *grès baltiques* inférieurs et supérieurs (qui sont aquifères), et entre eux des calcaires à *Sp. Verneuilli* et des marnes peu perméables. L'eau des grès devient artésienne, mais elle est souvent très salée (puits artésiens de Novgorod, de Gdow, Pskoff, Petchersk et puits dits *salines de la Vieille Russie*).

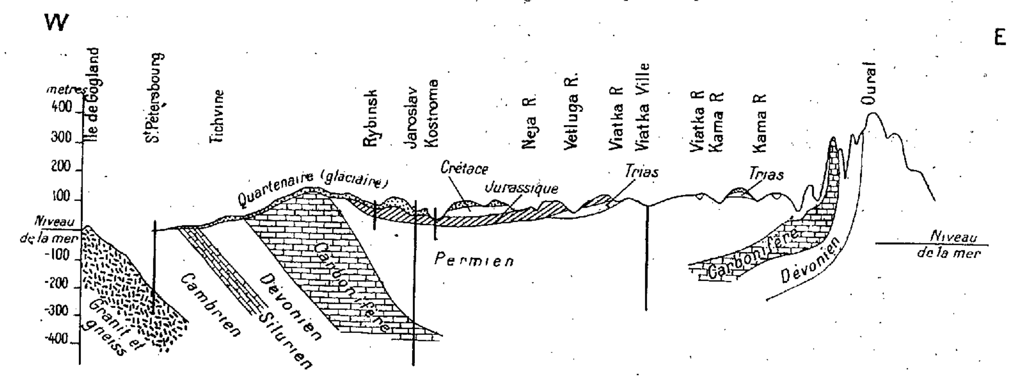
Bassin central de la Russie (*Sous-Moscovite*). — Ce bassin dévonien et surtout carbonifère (avec des lambeaux de Jurassique et de Crétacé au nord et au sud de Moscou) est très grand et occupe presque entièrement les gouvernements de Moscou et de Tver, et une partie de ceux de Riazan, Tula, Kalouga, Smolensk, Wladimir et Jaroslaw. Le calcaire à spirifer

(1) On avait pensé à des puits descendant à ce niveau d'eau pour l'alimentation de Saint-Pétersbourg, mais il en aurait fallu un trop grand nombre pour une si grande ville, et il était indiqué de recourir au lac Ladoga peu distant. L'eau du Silurien a de 25° à 32° hydrotimétriques et est généralement bonne; nombreuses sources dans les vallées.

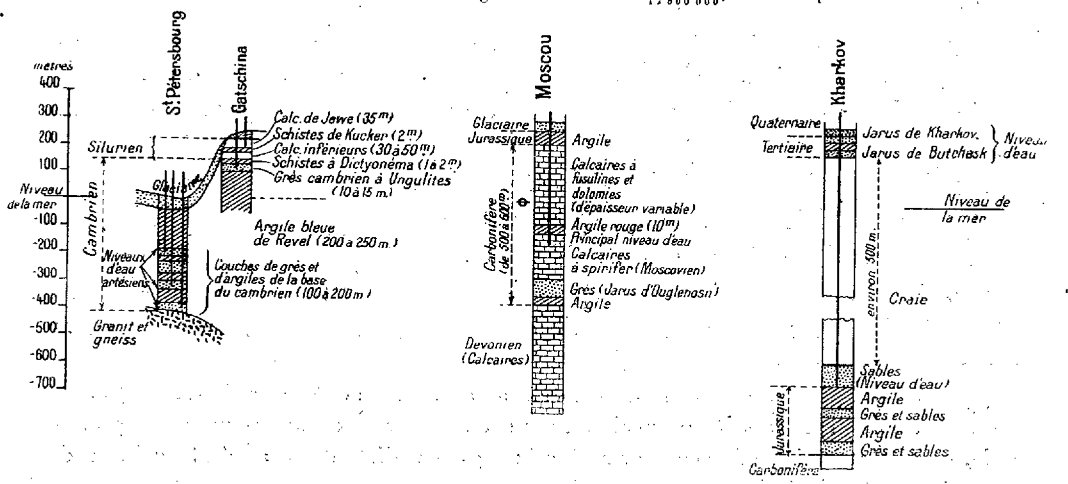
Bassins artésiens de la Russie d'Europe (d'après Prigorovski et Nikitin).



1° Coupe N-S, de Saint-Pétersbourg à Melitopol, et puits artésiens.



2° Coupe W-E, de Saint-Pétersbourg à Viatka et à l'Oural, et puits artésiens.
Échelle des longueurs : environ $\frac{1}{12\,800\,000}$.



a. Détail des puits artésiens sous Saint-Pétersbourg et sous le plateau de Gatschina.

b. Détail des puits artésiens sous Moscou.

c. Détail des puits artésiens sous Kharkov.

(Moscovien ou Houiller moyen), qui a au moins 250^m à 300^m d'épaisseur, contient une belle nappe aquifère, artésienne sous un banc d'argile rouge très constant : elle alimente notamment une cinquantaine de puits jaillissants à Moscou (eau bonne, mais dure), ainsi que ceux de Tver (où la pression à l'orifice atteint 30^m). Le Houiller moyen s'étend loin de Moscou vers l'Est, puis il est remplacé par le Houiller supérieur; celui-ci contient aussi des niveaux artésiens dans les *calcaires à fusulines,* qui alimentent par exemple les puits de Bogorodsk et de Tchérousti (l'un de ces derniers donnerait 355^l par seconde à 4^m en dessous du sol).

Bassin du Sud-Russe (ou de Kharkov-Poltawa). — Fosse profonde de direction WNW-ESE, entre l'axe dévonien précité d'une part et le bassin houiller du Donetz et la bande cristalline de la mer Noire d'autre part : elle est remplie par le Jurassique et le Crétacé, recouvert souvent par le Tertiaire. Le principal niveau d'eau profond est à la base de la Craie (de 400 à 500^m sous Kharkov); mais la plupart des puits et forages s'arrêtent dans les couches sableuses du Tertiaire (*jarus de Butchask, jarus de Kharkov, jarus de Poltawa,* séparés par des couches d'argile), et tels sont les puits des villes de Kharkov, Kief et Poltawa : quelques forages, notamment à Kief, descendent au Crétacé et même au Jurassique et donnent l'eau au niveau du sol (à Mirgorod, dans le Jurassique, elle est trop minéralisée). Ces horizons s'étendent vers l'Est, dans les gouvernements de Tambow, Voronèje, Pensa, Simbirsk, Saratow; puis on passe au Permien.

Bassin du Permien. — Étendu à l'Est et au Nord-Est jusqu'à l'Oural, ce bassin est encore peu connu, et les pentes en sont trop faibles pour donner un artésianisme aussi important que précédemment. Cependant il y a des niveaux d'eau dans les *grès et calcaires artinskiens*, dans les *grès et dolomies de Kostroma*, enfin dans le Zechstein (au-dessus de l'*argile de Perm*). Il y a des puits artésiens à Samara, Bilarsl, etc.; mais dans toute la région Volga-Okienne les eaux permiennes sont trop minéralisées pour être potables.

Bassin tertiaire de la mer Noire (Taurie, Crimée, Kouban, etc.) au sud du massif cristallin du Sud. — Ce sont les couches miocènes (Sarmatien) qui en plongeant vers le Sud donnent ici de bonnes conditions artésiennes (on ne cite qu'un forage à Mélitopol qui descende plus bas, au jarus de Butchask). Un grand nombre de puits artésiens ont été ainsi forés dans les steppes du nord de la Crimée et ont permis de les fertiliser : malheureusement, ils se sont influencés les uns les autres, et de plus en les laissant débiter naturellement et sans réglage, on perd une grande partie (70 pour 100 environ) de leur eau.

[D'après : 1° la brochure de M. Prigorovski, *Les eaux artésiennes de la plaine russe* (*Comptes rendus du Comité géologique de Russie*, 41, 1, 1922); 2° l'Ouvrage de M. Nikitin (2e édition, rédigée par M. Krasnopolsky), *Bibliographie des puits et sondages artésiens en Russie*, 1924.]

CORRESPONDANCE.

M. **Paul Helbronner**, élu membre de la Division des Académiciens libres, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'anomalie magnétique de Koursk. Atlas des cartes des éléments magnétiques mesurés sous la direction générale de* P. Lasareff.

2° Emm. de Martonne. *Traité de géographie physique*, avec la collaboration d'Aug. Chevalier et L. Cuénot.

3° *Les Régions polaires*, par J. Rouch. (Présenté par M. J. Charcot.)

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la non-équivalence des définitions de dimension de Menger et de Urysohn.* Note (1) de M. **Léon W. Cohen**, transmise par M. Émile Borel.

1. Il est accepté généralement que les définitions de dimension données par Menger et Urysohn sont équivalentes (2). Cela est vrai dans les cas assez étendus, par exemple dans le cas d'un espace métrique aux voisinages sphériques, mais nous allons démontrer — et c'est précisément le but de cette Note — *que dans le caș général d'un espace topologique,* cas pour lequel les définitions ont été proposées, *cette équivalence n'existe pas.*

2. *Selon Urysohn,* la dimension d'un ensemble C *en un point* $x \subset$ K est n

(1) Séance du 30 mai 1927.

(2) P. Urysohn, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 440; *Fund. Math.*, 7, 1925, p. 30; 8, 1926, p. 225. — K. Menger, *Monatsh. f. Math. u. Phys.*, 33, 1923, p. 148; 34, 1926, p. 137.

(U — $\dim_x C = n$) si n est le plus petit entier négatif tel que pour un voisinage arbitraire V_x de x une décomposition $C = A + B + D$ est possible où les ensembles A, B, D, sans point commun deux à deux, satisfont aux conditions suivantes :

$$(1) \qquad x \subset A, \quad A + B \subset V_x,$$

$$(2) \qquad \overline{A}D + \overline{D}A \text{ est vide},$$

$$(3) \qquad U - \dim B = n - 1.$$

Ici $\overline{A}$ est la somme de A et son ensemble dérivé. *La dimension de l'ensemble* C est n ($U - \dim C \subset n$) si pour tous les $x \subset C$ on a $U - \dim_x C \leqq n$, égalité ayant lieu pour au moins un point $x \subset C$. L'ensemble vide est de la dimension -1.

3. *Selon Menger,* la dimension d'un ensemble C *en un point* $x \subset C$ est n($M - \dim_x C \subset n$) si n est le plus petit entier non négatif tel que pour un voisinage quelconque V_x il existe un $V'_x \subset V_x$ avec la frontière $\beta(V'_x)$ tel que

$$(4) \qquad M - \dim \beta(V'_x) C = n - 1.$$

La définition de $M - \dim C$ est tout à fait analogue à celle de $U - \dim C$ donnée plus haut. Menger admet comme les V_x non seulement les voisinages dans le sens étroit *primäre Umgebungen*, mais aussi les voisinages dans le sens plus général d'un ensemble quelconque ouvert contenant x.

4. *Exemple de non-équivalence de* U — dim *et* M — dim. — L'espace E que nous allons considérer est le plan euclidien moins les points $A(-1, 1)$ et $B(1, 1)$, avec les voisinages définis comme il suit :

a. Le voisinage V_{P_n} ($n = 3, 4, \ldots$) du point $P(0, 0)$ est la totalité des points intérieurs aux trois carrés dont les sommets sont respectivement $\left(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}\right)$, $\left(\frac{1}{n}, -\frac{1}{n}\right)$, $\left(-\frac{1}{n}, -\frac{1}{n}\right)$, $\left(-\frac{1}{n}, \frac{1}{n}\right)$; $(1, 1)$, $\left(1 - \frac{1}{n}, 1\right)$, $\left(1 - \frac{1}{n}, 1 - \frac{1}{n}\right)$, $\left(1, 1 - \frac{1}{n}\right)$; $(-1, 1)$, $\left(\frac{1}{n} - 1, 1\right)$, $\left(\frac{1}{n} - 1, 1 - \frac{1}{n}\right)$, $\left(-1, 1 - \frac{1}{n}\right)$.

b. Pour $x \subset E - P$, le voisinage V_x est l'ensemble des points communs à E et à l'intérieur d'un cercle de rayon ρ ayant le centre dans x, avec $0 < \rho \leqq \overline{xP}$. Les voisinages ainsi définis satisfont aux quatre axiomes connus de Hausdorff [1].

---

[1] HAUSDORFF, *Gründzuge der Mengenlehre*, Leipzig, 1914, p. 213.

Considérons maintenant l'ensemble $C = (AB) + P$, où (AB) est l'ensemble des points $(x, y) : -1 < x < 1$, $y = 1$. Pour un V_{P_n} quelconque, nous avons alors $C = A + B + D$, où $A \equiv P$, B est vide, $D \equiv (AB)$. Les conditions (1) et (2) sont satisfaites avec $U - \dim B = -1$, d'où $U - \dim_p C = 0$.

Mais $M - \dim_p C = 2$. — En effet, chaque ensemble ouvert V qui, pour un V_{P_n} donné, satisfait à la condition $P \subset V \subset V_{P_n}$ doit contenir au moins un V_{P_m} tel que $m \geqq n$. Mais la frontière de V_{P_m} contient les intervalles I_1 : $-1 < x \leqq \frac{1}{m} - 1$, $y = 1$, et $I_2 : 1 - \frac{1}{m} \leqq x < 1$, $y = 1$, qui sont sous-ensembles de $(AB) \subset C$. Or, $V_{P_m} \subset V \subset V_{P_n}$, d'où il suit que $I_1 + I_2 \subset \beta(V)$, et la condition (4) évidemment devient $M - \dim \beta(V) C = 1$, ce qui entraîne, suivant la définition même, $M - \dim_p C = 2$. C. Q. F. D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions harmoniques.* Note [1] de M. **Gr. Fichtenholz**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $\{u_n\}$ une suite de fonctions harmoniques dans l'intérieur du cercle-unité K. Le but de cette Note est de donner les conditions portantes sur la circonférence C de K, nécessaires et suffisantes pour que cette suite-ci converge vers la fonction de la même nature dans l'intérieur de K, en supposant, bien entendu, que les fonctions $u_n = u_n(r, \theta)$ satisfont à l'une des deux hypothèses suivantes :

(A). Quelles que soient les valeurs de $r < 1$ et de $n = 1, 2, 3, \ldots$, on a

$$\int_0^{2\pi} |u_n|\, H(|u_n|)\, d\theta \leqq N,$$

$H(u)$ désignant une fonction positive de la variable positive u qui tend en croissant vers l'infini avec u ; ou, plus généralement,

(B). Quelles que soient les valeurs de $r < 1$ et de $n = 1, 2, 3, \ldots$, on a

$$\int_0^{2\pi} |u_n(r, \theta)|\, d\theta \leqq N.$$

Dans l'hypothèse (A), on a pour chaque fonction u_n la formule de

---

[1] Séance du 30 mai 1927.

Poisson :

$$u_n(r,\theta)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}u_n(1,\lambda)\frac{1-r^2}{1-2r\cos(\lambda-\theta)+r^2}d\lambda,$$

où $u_n(1,\lambda)$ [désignant la limite $\lim_{r\to1}u_n(r,\lambda)$ qui existe presque partout] est la fonction sommable en λ (1).

Si c'est l'hypothèse (B) qui est vérifiée, la fonction u_n se présente sous la forme d'une intégrale de Poisson généralisée :

$$(1)\qquad u_n(r,\theta)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{1-r^2}{1-2r\cos(\lambda-\theta)+r^2}d\mathcal{F}_n(\lambda),$$

où $\mathcal{F}_n(\lambda)$ est une fonction à variation bornée et l'intégrale est comprise dans le sens de Stieltjes (1).

Pour préciser la constante additive contenue dans $\mathcal{F}_n$, nous allons supposer qu'on a

$$\int_0^{2\pi}\mathcal{F}_n(\lambda)\,d\lambda=0;$$

une telle fonction $\mathcal{F}_n$ nous l'appellerons *réduite*.

Voici maintenant les conditions cherchées.

THÉORÈME I. — *Dans l'hypothèse* (A), *pour que la suite* $\{u_n\}$ *converge vers une fonction harmonique* u, il faut et il suffit *que les intégrales*

$$\int_0^{\theta}u_n(1,\lambda)\,d\lambda$$

tendent vers une fonction limite $\mathcal{F}(\theta)$, *n infiniment croissant, pour toutes les valeurs de* θ *dans l'intervalle* $(0, 2\pi)$.

Si cette condition est vérifiée, la fonction $\mathcal{F}(\theta)$ sera intégrale indéfinie d'une fonction sommable $f(\lambda)=u(1,\lambda)$ [définie à ses valeurs en un ensemble mince près] et la fonction limite $u=\lim_{n\to\infty}u_n$ se présentera sous la forme de l'intégrale de Poisson

$$u(r,\theta)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}u(1,\lambda)\frac{1-r^2}{1-2r\cos(\lambda-\theta)+r^2}d\lambda.$$

Remarquons que la convergence presque partout vers une limite déterminée [et

(1) Cf. les Notes de MM. Evans et Bray (*Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1042-1044, 1368-1371), ainsi que le Mémoire de M. de la Vallée Poussin [*Sur l'intégrale de Lebesgue* (*Trans. of the Americ. Math. Soc.*, **16**, 1915, p. 450-451)].

même la convergence *en mesure*, dans le sens de M. F. Riesz [1]] de la fonction $u_n(1, \lambda)$ (pour $n \to \infty$), bien qu'elle suffise dans l'hypothèse (A) pour la convergence de la suite $\{u_n\}$, n'est nulle part nécessaire [ex. : $u_n = r^n \cos n\theta$]. Dans l'hypothèse (B), cette condition-ci cesse d'être suffisante aussi.

Théorème II. — *Si la suite $\{u_n\}$ est assujettie à l'hypothèse* (B), *pour qu'elle converge vers une fonction harmonique* u, il faut et il suffit : 1° *que la fonction réduite* $\mathcal{F}_n(\lambda)$[v. (1)], *pour* $n \to \infty$, *tende en mesure dans l'intervalle* $(0, 2\pi)$ *vers la fonction limite et* 2° *qu'il existe une limite déterminée*

$$\lim_{n \to \infty} [\mathcal{F}_n(2\pi) - \mathcal{F}_n(0)] = c.$$

Si ces conditions sont remplies, parmi les fonctions limites équivalentes de la fonction $\mathcal{F}_n(\lambda)$, on trouve une fonction à variable bornée $\mathcal{F}(\lambda)$ [2] satisfaisant de plus à la condition $\mathcal{F}(2\pi) - \mathcal{F}(0) = c$. Avec cette fonction $\mathcal{F}(\lambda)$, la fonction limite $u = \lim_{n \to \infty} u_n$ est donnée par la formule de Poisson généralisée

$$u(r, \theta) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1 - r^2}{1 - 2r\cos(\lambda - \theta) + r^2} d\mathcal{F}(\lambda).$$

On peut facilement construire l'exemple de la suite convergente $\{u_n\}$, vérifiant la condition (B), pour laquelle la limite $\lim_{n \to \infty} \mathcal{F}_n(\lambda)$ *dans le sens ordinaire* n'existe en aucun point de l'intervalle $(0, 2\pi)$. On vérifie également que la condition 2° est indépendante de 1°.

Dans le cas des fonctions harmoniques *positives* la condition 2° implique (B); on peut, d'ailleurs, remplacer ici la convergence de la fonction $\mathcal{F}_n(\lambda)$ *en mesure* par la convergence ordinaire, à un ensemble dénombrable de valeurs de λ près.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Cinématographie panoramique au moyen d'appareils ordinaires.* Note [3] de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Louis Lumière.

Les proportions adoptées universellement pour les images cinématographiques :

$$\frac{\text{hauteur}}{\text{largeur}} = \frac{3}{4},$$

---

(1) *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 1303-1305.

(2) Et une seule, si l'on néglige ses valeurs en un ensemble dénombrable de points λ.

(3) Séance du 30 mai 1927.

sont incompatibles avec une présentation convenable de certains tableaux, tels que les panoramas, qui exigent une plus grande largeur, ou tels que les monuments élevés, les intérieurs d'églises, les forêts de grands arbres, etc., qui demandent une plus grande hauteur.

On a cherché à échapper à cette limitation, dans le cas des panoramas du moins, en les projetant sur un même écran, au moyen de plusieurs objectifs, comme l'avaient fait antérieurement MM. Lumière et le Ct Mœssard pour les vues fixes. Mais, dans le cas de la Cinématographie, on se heurte à des complications de mécanique très grandes, pratiquement impossibles à surmonter.

L'intérêt très vif que le public a manifesté récemment à la présentation de tels films panoramiques m'incite à indiquer une solution immédiatement utilisable en pratique, car elle ne met en œuvre que les appareils uniques actuels, employant des films de dimensions normales; en outre, elle s'applique aussi bien aux vues panoramiques qu'à celles étendues en hauteur.

Cette solution consiste à placer devant l'objectif de prise de vue, ainsi que devant celui de projection, une combinaison optique spéciale, à laquelle je donnerai le nom d'*hypergonar* et qui en accroît considérablement le champ, mais dans un sens seulement, horizontal ou vertical, ou même oblique, selon l'orientation de la plus grande étendue du sujet.

L'*hypergonar* rappelle, à première vue, l'*anamorphot* d'Abbe, mais il en diffère cependant par deux points de dioptrique élémentaire :

a. Les génératrices des lentilles cylindriques qui le composent sont toutes parallèles entre elles, et non croisées, comme elles le sont nécessairement dans l'*anamorphot*.

b. Le plan-image coïncide avec le plan-objet : autrement dit, ces plans sont *plans de Bravais* pour le système. C'est, d'ailleurs, cette particularité qui permet d'échapper à la nécessité, démontrée par Abbe, de croiser les génératrices; elle a pour effet pratique de conserver la mise au point de l'objectif proprement dit et de faciliter la correction des aberrations.

Les images obtenues avec l'hypergonar sont *réduites linéairement* dans un rapport déterminé, de deux à trois fois, mais seulement dans le sens horizontal, ou dans le sens vertical, selon l'orientation que l'on donne aux génératrices des lentilles, ce qui double ou triple, dans le même sens, la valeur angulaire du champ enregistré sur le film de dimensions normales. A la projection à travers un dispositif semblable, les proportions exactes sont restituées, et l'on couvre ainsi un écran deux ou trois fois plus étendu en largeur ou en hauteur.

Au point de vue de la dioptrique d'ordre supérieur, on a corrigé l'aberration sphérique, la coma et l'astigmatisme. La distorsion est réduite; mais cette aberration, qui ne trouble pas la netteté de l'image, se trouve automatiquement compensée par la restitution à travers un système optique semblable. Enfin on a éliminé les aberrations chromatiques.

A part la faible absorption de la lumière par les lentilles supplémentaires, la luminosité de l'objectif de prise de vue n'est pas altérée par l'introduction de l'hypergonar.

Un appareil duplicateur de champ et quelques films qu'il a permis d'obtenir sont présentés à l'Académie.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur la théorie moléculaire générale du pouvoir rotatoire*. Note (¹) de M. **R. de Mallemann**, présentée par M. A. Cotton.

La théorie générale du pouvoir rotatoire d'un milieu quelconque (isotrope ou anisotrope) est simple et concrète, quand on dégage le *sens* des symboles algébriques. La cause du pouvoir rotatoire réside essentiellement dans les actions mutuelles des éléments constitutifs de l'assemblage (atomes dans la molécule, atomes ou molécules dans un complexe ou cristal), mis en vibration *forcée* par le champ $\vec{h}$ de l'onde. Ces réactions déterminent un déplacement propre de chaque élément mobile; le déplacement *total* peut être décomposé en une translation et en une composante *normale* au champ $[\vec{\rho}\vec{h}]$, définissant une *rotation* $\vec{\rho}$ (au sens vectoriel et mécanique).

Ces rotations $\vec{\rho}$ sont deux à deux égales et de signes contraires; leur somme $\Sigma\vec{\rho}$ est nulle, et leur effet disparaît dans un champ *constant* (égalité symétrique). Quand au contraire le champ *varie*, cas de la propagation d'une onde lumineuse, chacun des $\vec{\rho}$ élémentaires est multiplié par le facteur de *déphasage* (invariant) $\alpha X + \beta Y + \gamma Z = P$, égal à la projection de la distance $\vec{R}(X, Y, Z)$, des couples d'éléments mobiles (arêtes du polyèdre moléculaire ou cristallin), sur la normale à l'onde (α, β, γ). Les composantes de chaque rotation $\vec{\rho}$ se transforment ainsi en $P\rho_x$, $P\rho_y$, $P\rho_z$,

(¹) Séance du 30 mai 1927.

définissant un nouveau vecteur $P\vec{\rho}$, parallèle à la rotation, *mais dont la somme n'est plus nulle quand le milieu est asymétrique*. Nous appelons $P\vec{\rho}$ le *vecteur rotatoire*. Il dépend de la structure géométrique du milieu, des réfractivités élémentaires *et de la direction de propagation. La projection de ce vecteur sur la normale à l'onde mesure le pouvoir rotatoire*. (Il importe de ne pas confondre le *vecteur* rotatoire avec le *pouvoir* rotatoire, quantité *scalaire*.) L'angle du vecteur rotatoire avec cette normale n'est généralement pas nul (*anisotropie* de l'effet rotatoire). Mais il est indépendant du sens de propagation. D'après la définition, les composantes du vecteur rotatoire suivant trois axes rectangulaires quelconques sont des fonctions linéaires et homogènes des cosinus directeurs α, β, γ, de la normale à l'onde; les coefficients sont les six quantités $\rho_x X$, $\rho_y Y$, etc., qui définissent les *dissymétries* du milieu.

Le pouvoir rotatoire est donc une forme *quadratique* de ces cosinus; en choisissant les axes de manière à éliminer les rectangles $\alpha\beta\ldots$, on obtient les *directions principales* du pouvoir rotatoire. *Il existe ainsi dans tout milieu asymétrique trois directions de propagation, rectangulaires, suivant lesquelles le vecteur rotatoire est normal à l'onde plane*. Les propriétés d'un tel milieu sont donc complètement définies par *deux tenseurs symétriques*.

1° Le *tenseur électro-élastique*, qui mesure les phénomènes de réfringence pure; 2° le *tenseur rotatoire*, de composantes principales $\rho_x X$, $\rho_y Y$, $\rho_z Z$ (dissymétries principales), qui règle les effets d'activité optique (1). *En général, les directions principales des deux quadriques ne coïncident pas* (sauf pour certaines *structures* particulières). Le vecteur rotatoire n'est donc pas nécessairement symétrique par rapport aux plans principaux de l'ellipsoïde des indices et l'on comprend que le pouvoir rotatoire puisse être différent suivant les axes optiques d'un cristal biaxe. La surface (inverse) des élasticités est toujours un *ellipsoïde*, mais celle des dissymétries peut être un système de 2 *hyperboloïdes conjugués*; le cône asymptote définit les directions d'*inversion* du pouvoir rotatoire ($\rho = 0$). En prenant la moyenne des orientations, α, β, γ, on voit de suite que le pouvoir rotatoire du milieu *isotrope* est exprimé par l'invariant linéaire $\rho_x X + \rho_y Y + \rho_z Z$, $(\vec{\rho}\vec{R})$; on peut, dans ce cas, associer à chaque côté du polyèdre structural, un sys-

---

(1) Ces tenseurs sont numériquement calculables, quand on fixe la *structure*; leurs six invariants expriment toutes les propriétés optiques de propagation (*Ann. de Phys.*, 10e série, 4, 1925, p. 456).

tème de 2 vecteurs $\vec{\rho}$ et $\vec{R}$, constituant ce que les mécaniciens appellent *vis* (ou torseur); le pouvoir rotatoire partiel est mesuré par le *pas* de cette vis $(\vec{D}\vec{R})$; le pouvoir total est proportionnel à la somme de ces invariants (ce qui est évident, puisque, dans un milieu *isotrope*, toutes les directions moléculaires sont également probables) (¹).

Pour fixer les idées, considérons un tétraèdre quelconque, portant une particule *isotrope* à chacun de ses sommets. La rotation propre de chaque particule peut être décomposée suivant les trois arêtes correspondantes; ces projections et les trois longueurs des arêtes, prises *vectoriellement* définissent les vis respectives. Les projections des rotations propres à deux particules sur leur ligne de jonction sont égales et contraires, mais par suite de l'inversion des longueurs, les deux produits s'ajoutent. D'une manière générale, si chaque sommet du polyèdre est le point de concours de *p* arêtes, on pourra associer celle-ci trois par trois, et considérer successivement les diverses combinaisons tétraédriques des *n* particules. Pour un triangle, les rotations sont normales à son plan et toutes les vis sont nulles. Quand le groupe contient seulement deux éléments, mais *anisotropes*, la vis dépend de l'angle des directions principales et s'annule quand ces deux groupes de directions ont un plan de symétrie, résultat intuitif.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la vaporisation du polonium*
Note (²) de M. **P. Bonet-Maury**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons été amené, au cours d'un travail sur la vaporisation du polonium, à déterminer la loi suivant laquelle se distribuent dans l'espace les atomes de polonium volatilisés, par chauffage dans le vide, de la lame de nickel qui les supporte.

Comme pouvaient le laisser prévoir les travaux de Knudsen (³), Langmuir (⁴) et Wood (⁵) sur la vaporisation, l'expérience montre que cette distribution s'effectue suivant la loi du cosinus de Lambert, c'est-à-dire que le nombre d'atomes vaporisés dans un angle solide infiniment petit autour

(¹) La distinction *essentielle* des deux termes composant la polarisation fait disparaître *complètement* le facteur $\varphi(n)$ du champ intérieur, dans le pouvoir rotatoire (invariant dans les changements d'état *isotropes*). *L'accord avec les résultats expérimentaux de Gernez (et Guye) est donc établi.*

(²) Séance du 16 mai 1927.

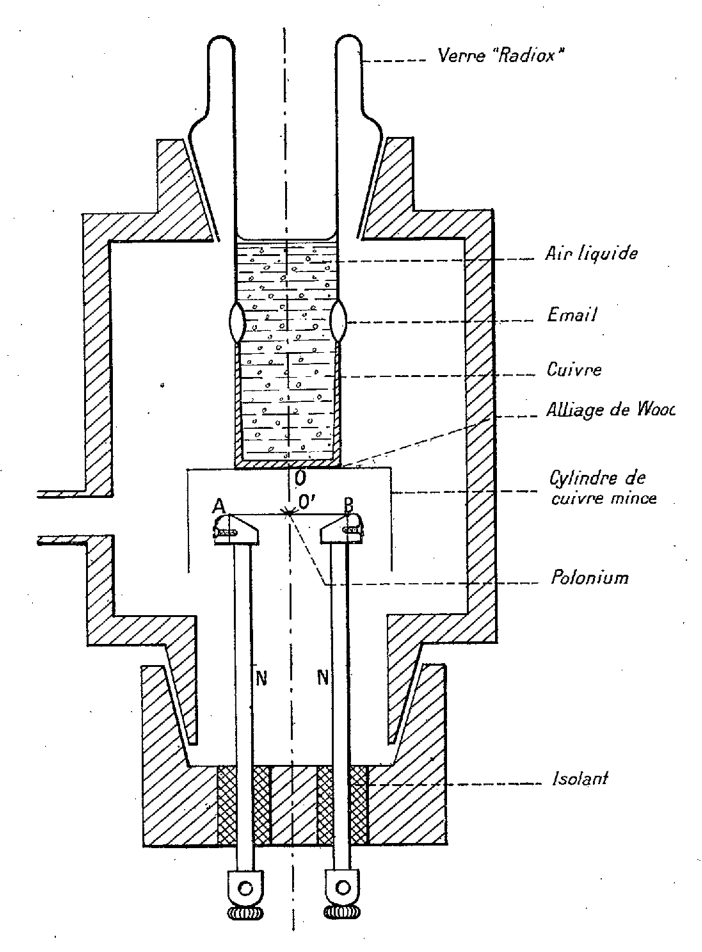
(³) Knudsen, *Ann. de Phys.*, **3**, 1915, p. 1113-1121; **1**, 1917, p. 105-108.

(⁴) Langmuir, *J. of Am. Chem. Soc.*, **38**, 1916, p. 2258-2259.

(⁵) Wood, *Phil. Mag.*, **30**, août 1915, p. 300-304.

d'une direction donnée, est proportionnel au cosinus de l'angle de cette direction avec la normale à la surface émettrice.

Appareil. — Il est essentiellement constitué par un cylindre de cuivre fermé à ses deux extrémités par deux larges rodages tronconiques. Un ajutage latéral permet d'y



faire un vide de l'ordre d'une barye au moyen d'une pompe à condensation, comportant un piège à air liquide.

Le rodage inférieur porte deux tiges de cuivre nickelé, isolées électriquement, terminées par deux pinces qui serrent entre leurs mâchoires un ruban plat de nickel AB (largeur 4^{mm}, longueur $1^{cm},7$, épaisseur $\frac{1}{10}$ de millimètre). On chauffe ce ruban par le passage d'un courant alternatif (42 périodes, 2 volts, 20 ampères), sa température étant mesurée à l'aide d'un couple en Pt-Pt rhodié et d'un millivoltmètre.

Le ruban porte en son milieu O' la source sensiblement ponctuelle de polonium (diamètre, $0^{mm},4$, masse de Po, de l'ordre de $0^{g},5 \times 10^{-10}$).

Le rodage supérieur, en verre « radiox », est fermé par un cylindre de cuivre dont le bord, fortement aminci, est soudé sur le manchon de verre. Ce rodage, au cours d'une expérience, est à demi rempli d'air liquide. Sur le fond du cylindre, on soude au moyen d'alliage de Wood un deuxième cylindre de cuivre mince (épaisseur, $\frac{5}{100}$ de millimètre; diamètre, 30^{mm}), qui encapuchonne le ruban de nickel et condense le polonium vaporisé.

Le ruban de nickel est tendu parallèlement au fond de ce cylindre à une distance de $3^{mm},7$ et disposé de telle sorte que l'axe OO' de ce dernier se confonde avec la normale à la source en O'.

Marche d'une expérience. — Le vide étant réalisé dans l'appareil et le manchon de cuivre rempli d'air liquide, on chauffe le ruban de nickel vers 400° pendant 10 minutes. Les atomes de polonium vaporisés, voyageant en ligne droite (le libre parcours moyen de l'ordre de 10^{cm} étant très supérieur aux dimensions du vase), viennent frapper le cylindre de cuivre mince, refroidi à la température de l'air liquide qui encapuchonne le ruban.

Des expériences préliminaires nous avaient prouvé que dans ces conditions tous les atomes de polonium frappant la surface de cuivre se trouvent condensés au premier choc et y demeurent attachés. Cette conviction fut acquise par la considération des faits suivants :

1° En mesurant d'une part la quantité de polonium ayant quitté le ruban et, d'autre part, la quantité condensée sur le cuivre, on trouve deux nombres égaux à moins de 1 pour 100 près.

2° La photographie de la paroi latérale du cylindre de cuivre mince développée montre que seule la partie située au-dessus du plan du ruban porte du polonium, les deux zones active et non active étant nettement séparées sur le cliché, la démarcation s'effectuant à moins de $0^{mm},3$ près. Ce dernier fait prouve donc l'absence de « réflexion » sur le fond du cylindre et le vol rectiligne des atomes.

A la fin d'une expérience, le cylindre de cuivre mince porte sur sa surface interne la totalité du polonium vaporisé, les atomes étant immobilisés dans la position où ils se trouvaient au moment du choc contre la paroi de cuivre.

Comparaison de l'expérience à la théorie. — On dessoude le cylindre de cuivre mince, on détache le fond et l'on détermine expérimentalement par des mesures d'activité la répartition des atomes sur ce fond [1]. On compare ensuite la distribution ainsi mesurée avec la répartition théorique, fournie par la loi du cosinus.

---

(1) Nous avons préféré l'étude de la répartition sur le fond du cylindre, à celle sur les parois latérales, pratiquement plus délicate.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure d'ensemble du sud-est de l'Indochine française.* Note (1) de M. F. **Blondel**, transmise par M. Pierre Termier.

J'ai indiqué dans une Note précédente la nature géologique des terrains que l'on peut rencontrer en Indochine au sud-est de la ligne Phnompenh-Tourane.

Avec les seuls éléments d'information que nous possédons actuellement, il est impossible de démêler avec quelque détail la structure de ce pays. Toutefois les grandes lignes de cette structure paraissent assez simples et se dégagent, semble-t-il déjà, des faits que nous connaissons. On est tenté de reconnaître deux grandes lignes directrices, deux grands anticlinaux, jalonnés par d'importants affleurements de granite. Ces deux anticlinaux ont des directions perpendiculaires et se rencontrent dans le massif de la Mère et l'Enfant (à 50^{km} environ à l'ouest du Cap Varella), qui est ainsi le nœud de cette région. L'une de ces directions, NE-SW, est extrêmement nette dans l'énorme anticlinal de granite qui court depuis le Cap Verella jusqu'au Cap Saint-Jacques. L'autre direction, NW-NE, est marquée par un anticlinal granitique également important qui forme en particulier le substratum de la région de Kontum.

Mais cet anticlinal de direction N-W paraît être arrêté vers le Sud par l'autre bombement ou, tout au moins, ne se manifeste pas sensiblement au delà. Au sud de l'anticlinal Varella Cap Saint-Jacques se trouve en effet un synclinal où affleurent principalement des rhyolites qui constituent d'ailleurs le plus généralement la ligne de crête et forment en particulier les monts Langbian, célèbres dans les paysages du sud indochinois.

L'existence de ces deux séries de directions a été également reconnue dans le reste de l'Indochine; mais tandis qu'ici la direction N-E est prépondérante, dans l'Indochine du Nord, au contraire, la direction perpendiculaire, la direction N-W, qu'on appelle encore la direction du Fleuve Rouge, a donné les traits fondamentaux de la structure d'ensemble.

Il n'est pas question pour le moment de dater les mouvements qui ont donné naissance à ces plis à grand rayon de courbure. On peut simplement

(1) Séance du 30 mai 1927.

remarquer que les schistes de la région de Trian, qui appartiennent au Toarcien, ont été affectés par les mouvements signalés ici.

A $16^h 5^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 23 mai 1927.)

Note de M. *R. de Mallemann*, Calcul du pouvoir rotatoire d'un système de molécules ou d'atomes anisotropes. Application au quartz :

Pages 1242 et 1243, formules (1) et (2), *au lieu de* 2π, *lire* $2\pi^3$, et *au lieu de* $\varphi(n)$, *lire* $\varphi(n) = 1$.

Note de M. et Mme *A. Chauchard*, Recherches quantitatives sur l'excitabilité de l'appareil du goût chez l'Homme :

Page 1275, lignes 17 et 18, têtes des colonnes 1 et 3, *au lieu de* Capacité en farad 10^{-3}, *lire* Temps en seconde 10^{-3}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JUIN 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 4 juin 1927 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Paul Helbronner** pour occuper, dans la Division des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Haton de la Goupillière*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Paul Helbronner** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Zaremba**, professeur à l'Université de Cracovie et membre de l'Académie polonaise, qui assiste à la séance.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Le champ magnétique terrestre et les propriétés électromagnétiques internes du globe.* Note (¹) de M. **Marcel Brillouin**.

1. Les mesures du champ magnétique à la surface des continents et des mers peuvent fournir sur les propriétés magnétiques et électriques permanentes de l'intérieur de la terre des renseignements analogues à ceux que

---

(¹) Séance du 7 juin 1927.

donne la pesanteur sur la distribution des densités (¹), et incomplets eux aussi.

Supposons qu'on possède un réseau serré d'observations des trois composantes du champ magnétique sur la surface sphérique du globe terrestre. On sait en déduire une carte du potentiel magnétique, et de sa dérivée normale, sur tout le globe. Je suppose qu'on ait traduit ces résultats en formules donnant ce potentiel V_e et cette dérivée normale V'_e (vers l'extérieur) en fonction de la colatitude θ et de la longitude L.

2. *Magnétisme*. — Je cherche la distribution interne du vecteur intensité d'aimantation A [moment magnétique par unité de volume], capable de produire ce champ. On peut trouver un potentiel interne $V_i(r, \theta, L)$ continu avec V_e à la surface, et tel que

$$\frac{\partial V_e}{\partial n} - \frac{\partial V_i}{\partial n} = -4\pi A_r \qquad (r = R)$$

avec $\Delta V_i = 4\pi \operatorname{Div} A$ dans tout l'intérieur.

R est le rayon du globe.

L'intensité d'aimantation doit avoir une grandeur et une direction déterminées (arbitraires) au centre; je désigne par A_x, A_y, A_z les composantes suivant deux axes équatoriaux x, y, et l'axe polaire z.

J'obtiens ainsi

$$\begin{aligned} V_i = {} & \frac{r^2(3R - 2r)}{R^3} V_e - r^2 \frac{R - r}{R^2} V'_e \\ & + [A_x \sin\theta \cos L + A_y \sin\theta \sin L + A_z \cos\theta] \, r \left(\frac{R - r}{R}\right)^2 \\ & + \frac{\partial}{\partial L}\left(\mathfrak{G}_2 - \frac{\partial \mathfrak{G}_3}{\partial \theta}\right) 4\pi r^2 \frac{R - r}{R} \\ & + r^2 (R - r)^2 \Psi(r, \theta, L). \end{aligned}$$

L'intensité d'aimantation est définie par ses trois composantes $\mathfrak{A}_\theta$ suivant le méridien vers le Sud, $\mathfrak{A}_L$ suivant le parallèle vers l'Ouest, et $\mathfrak{A}_r$ suivant

---

(¹) Voir Brillouin, *Champ de gravitation extérieur et densités internes* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 987). La formule donnée dans cette Note est la plus explicite et la plus simple qui ait été proposée. Mais le sujet, bien entendu, n'est pas neuf. Depuis une vingtaine d'années, les recherches théoriques les plus intéressantes sur cette question sont celles des géomètres italiens, dérivant des beaux travaux du regretté Pizzetti, ainsi que celles de Love (geodynamics).

le rayon vers l'extérieur, sur la sphère de rayon $r \leq R$:

$$\mathcal{A}_\theta = \frac{1}{4\pi r}\frac{\partial V_i}{\partial \theta} + \frac{1}{r \sin\theta}\left(r^2 \frac{\partial S_r}{\partial L} - \frac{\partial}{\partial r}\left\{ r^3 \sin\theta \left[\frac{\partial \mathfrak{T}_L}{\partial L} + (R - r)\Sigma_L\right]\right\}\right),$$

$$\mathcal{A}_L = \frac{1}{4\pi r \sin\theta}\frac{\partial V_i}{\partial L} - r\frac{\partial S_r}{\partial \theta} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}[r^3 \cos\theta\, \mathfrak{T}_L + r^3 \sin\theta\, \mathfrak{T}_\theta + r^3 (R - r)\Sigma_\theta],$$

$$\mathcal{A}_r = \frac{1}{4\pi}\frac{\partial V_i}{\partial r} + \frac{r}{\sin\theta}\left(\frac{\partial}{\partial \theta}\left\{\sin\theta\left[\frac{\partial \mathfrak{T}_L}{\partial L} + (R - r)\Sigma_L\right]\right\} - \frac{\partial}{\partial L}[\cos\theta\, \mathfrak{T}_L + \sin\theta\, \mathfrak{T}_\theta + (R - r)\Sigma_\theta]\right),$$

$\mathcal{W}$, S_r, Σ_θ, Σ_L sont des fonctions arbitraires de r, θ, L finies et déterminées dans tout l'intérieur, y compris le centre, la surface et l'axe polaire; $\mathfrak{T}_\theta$, $\mathfrak{T}_L$ sont des fonctions arbitraires de θ et L, qui restent finies et déterminées sur l'axe polaire.

Les expressions des intensités d'aimantation sont obtenues en employant uniquement la loi universelle des actions magnétiques de Coulomb, sans faire appel à aucune propriété spécifique de la matière magnétique.

3. *Courants.* — Nous pouvons également supposer que le champ magnétique mesuré à la surface est dû uniquement à des courants internes. On doit alors déterminer d'abord le champ magnétique M_i interne le plus général continu avec le champ externe, avec $\mathrm{Div}\, M_i = 0$ partout. On aura ensuite la densité de courant I permanente par $4\pi I = \mathrm{rot}\, M$ et $\mathrm{Div}\, I = 0$ partout.

Au centre, le vecteur courant doit être fini et avoir une direction déterminée.

Appelant m_x, m_y, m_z les composantes (constantes) suivant les directions équatoriales et polaire du champ magnétique au centre, on a pour les composantes méridienne, parallèle et zénithale, m_θ, m_L, m_r,

$$m_r = m_x \sin\theta \cos L + m_y \sin\theta \sin L + m_z \cos\theta,$$
$$m_\theta = m_x \cos\theta \cos L + m_y \cos\theta \sin L - m_z \sin\theta,$$
$$m_L = - m_x \sin L + m_y \cos L.$$

Mêmes relations entre les composantes j_r, j_θ, j_L et les constantes j_x, j_y, j_z pour la densité de courant au centre.

J'appelle M_θ, M_L, M_r les composantes mesurées du champ magnétique à la surface; ce sont trois fonctions de θ, L, données. Il faut y joindre deux

autres fonctions μ_r, μ_L de θ, L seuls données par les relations

$$\mu_r = 3M_r + \frac{1}{\sin\theta}\left[\frac{\partial}{\partial\theta}(M_\theta \sin\theta) + \frac{\partial}{\partial L}(M_L)\right],$$

$$\mu_L = -3\sin\theta \int_0^L \mu_r \, dL.$$

Cela étant, j'obtiens :

$$\begin{aligned}
4\pi I_r = \frac{1}{r\sin\theta}\Bigg\{ & \frac{r}{R}\left[\frac{\partial M_\theta}{\partial L} - \frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta M_L)\right] - r\frac{R-r}{R}\frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta\mu_L) \\
& - \frac{2\pi}{3}\left(\frac{R-r}{R}\right)^2 \frac{5r-2R}{R} r\left[\frac{\partial j_L}{\partial L} + \frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta j_\theta)\right] \\
& + \frac{R-r}{R}\frac{R^2+Rr-5r^2}{R^2}\left[\frac{\partial m_\theta}{\partial L} - \frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta m_L)\right] \\
& - r^3(R-r)^3\left[\frac{\partial^2 Q_L}{\partial r\,\partial L} + \frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial Q_\theta}{\partial r}\right)\right. \\
& \qquad\qquad \left. - \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial^2 Q_r}{\partial L^2} - \frac{\partial}{r\,\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial Q_r}{\partial\theta}\right)\right] \\
& + r^2(R-r)^2(7r-4R)\left[\frac{\partial Q_L}{\partial L} + \frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta Q_\theta)\right]\Bigg\},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
4\pi I_\theta = \frac{1}{r\sin\theta}\Bigg\{ & \frac{r}{R}\left(2\sin\theta M_L - \frac{\partial M_r}{\partial L}\right) + \sin\theta\mu_L\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{R-r}{R}\right) - r\frac{R-r}{R}\frac{\partial\mu_r}{\partial L} \\
& + m_L\sin\theta\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{R-r}{R}\frac{R^2+Rr-5r^2}{R^2}\right) - \frac{R-r}{R}\frac{R^2+Rr-2r^2}{R^2}\frac{\partial m_r}{\partial L} \\
& + 2\pi\sin\theta j_\theta\frac{\partial}{\partial r}\left[r^2\left(\frac{R-r}{R}\right)^2\frac{5r-2R}{R}\right] \\
& + \frac{\partial}{\partial r}\left[\sin\theta\, r^4(R-r)^3\left(\frac{\partial Q_\theta}{\partial r} - \frac{\partial Q_r}{r\,\partial\theta}\right) - \sin\theta\, r^3(R-r)^2(7r-4R)Q_\theta\right] \\
& - r^2(R-r)^3\left[\frac{\partial^2 Q_L}{\partial\theta\,\partial L} + \frac{\cos\theta}{\sin\theta}\frac{\partial Q_L}{\partial L} - \frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial^2 Q_\theta}{\partial L^2}\right]\Bigg\},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
4\pi I_L = \frac{1}{r}\Bigg(& \frac{r}{R}\frac{\partial M_r}{\partial\theta} + r\frac{R-r}{R}\frac{\partial\mu_r}{\partial\theta} - \frac{2r}{R}M_\theta \\
& + \frac{R-r}{R}\frac{R^2+Rr-2r^2}{R^2}\frac{\partial m_r}{\partial\theta} - m_\theta\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{R-r}{R}\frac{R^2+Rr-5r^2}{R^2}\right) \\
& + \frac{2\pi}{3}j_L\frac{\partial}{\partial r}\left[r^2\left(\frac{R-r}{R}\right)^2\frac{5r-2R}{R}\right] \\
& + r^2(R-r)^3\left[\frac{\partial^2 Q_L}{\partial\theta^2} + \frac{\partial}{\partial\theta}\left(\frac{\cos\theta}{\sin\theta}Q_L\right) - \frac{\partial}{\partial\theta}\left(\frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial Q_\theta}{\partial L}\right)\right] \\
& + \frac{\partial}{\partial r}\left\{r^3(R-r)^3\left[r\frac{\partial Q_L}{\partial r} - \frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial Q_r}{\partial L}\right] - r^3(R-r)^2(7r-4R)Q_L\right\}\Bigg).
\end{aligned}$$

Q_θ, Q_L, Q_r sont trois fonctions arbitraires de θ, L, r, qui doivent rester finies et déterminées au centre, à la surface, et le long de l'axe polaire.

Les expressions des densités de courant sont obtenues en employant uniquement les lois universelles de l'électromagnétisme d'Ampère, sans faire appel à aucune propriété spécifique de la matière conductrice.

4. On forme également sans difficulté les expressions générales en coordonnées curvilignes orthogonales comprenant une surface de référence quelconque.

On peut aussi traiter le cas plus général où les actions magnétiques sont dues en partie à des aimants, en partie à des courants.

Les expressions précédentes ont été écrites comme si la matière aimantable ou conductrice remplissait *complètement* la sphère R, et jouissait en outre de propriétés continues. Si l'on a des raisons, géologiques ou autres, de supposer des discontinuités, soit dans la distribution de la matière, soit dans ses propriétés, comme les expressions précédentes sont parfaitement générales (sauf erreur), il suffira de mettre en évidence dans les fonctions arbitraires des discontinuités convenables.

En particulier, si la surface sphérique est une surface extérieure à tout les reliefs topographiques du globe, il restera entre ce relief et la sphère R un domaine non aimanté, ou parcouru par des courants pratiquement négligeables. On pourra toujours choisir les fonctions arbitraires de manière à satisfaire à ces conditions.

De toute façon, la formation des expressions précédentes me paraît être une étape indispensable, avant toute hypothèse sur la constitution magnétique ou conductrice de notre globe.

Les applications, cas particuliers, exemples, seront exposés dans un autre Recueil.

BOTANIQUE. — *Importance économique et agricole des cultures montagnardes tropicales.* Note de M. **J. Costantin**.

J'ai préconisé contre la dégénérescence de la Pomme de terre la cure d'altitude [1]. Ceci m'a amené à rechercher avec plus de précision qu'on ne

[1] J. Costantin, *La dégénérescence des plantes cultivées et l'hérédité des caractères acquis* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 4, 1922, p. 267 à 297); *Cure d'altitude* (*Ibid.*, 10e série, 6, 1924, p. 271 à 282); *Un essai sur les Pommes de terre montagnardes* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 633); *Un nouvel essai sur les Pommes*

l'a fait jusqu'ici le résultat qu'a donné un pareil traitement à Java où il est employé depuis 1889 contre le Sereh, maladie de la Canne à sucre.

C'est Soltwedel qui a imaginé de faire une culture de la Canne à sucre entre 300 et 600^m et qui en montra l'efficacité contre la maladie précédente. En 1902, on opérait déjà entre 450^m et 1200^m. En 1917, pour un type particulier du Sereh (type IV, maladie du liber ou Zeefvaatenziekte), on appliquait le traitement entre 750 et 900^m et pendant plusieurs générations. En 1921 et à l'heure actuelle, la cure est modifiée en trois étapes. Pendant 6 mois, de juillet à janvier, et non pas l'inverse, les boutures sont d'abord élevées entre 1500 et 1800^m; récoltées à une demi-maturité, elles sont transportées dans de nouvelles pépinières entre 600 et 750^m, puis à 300^m. C'est seulement après cela que la culture définitive se fait en plaine. La plante ainsi régénérée peut y être conservée 4 à 6 ans, sans que la maladie ne reprenne son essor. Il est parfois possible de garder les pieds rénovés pendant une période plus longue, mais cela se fait rarement et est considéré comme dangereux.

En 1901, ce traitement était déjà largement employé : on préparait sur les hauteurs 125 millions de kilogrammes de boutures qui étaient vendues aux planteurs. C'était dans les montagnes de l'ouest de Java qu'étaient les pépinières alpines; or les grandes cultures de la plante étaient dans l'est de l'île; il fallait donc transporter les boutures à 500 ou 1000^{km} du point d'élevage par chemin de fer pour les livrer aux cultivateurs. Cela entraînait des frais de transport et des dangers de contamination par un Champignon nuisible, le *Thielaviopsis;* pour obvier à ce dernier inconvénient, on désinfectait les boutures; ce qui en augmentait le prix.

On chercha à libérer les planteurs de ce lourd tribut à l'aide de variétés résistantes ou à l'aide d'hybrides. Presque toutes les variétés de régions sans Sereh prenaient le mal après leur introduction à Java. Une variété appelée *Chunnee* du nord de l'Inde, des premiers contreforts de l'Himalaya, a présenté une résistance remarquable. Malheureusement sa tige était très mince, et sa valeur industrielle nulle. Cette plante sauvage croisée avec la Canne de *Chéribon* de Java (qui était si sensible à la maladie) a donné des hybrides ayant la résistance paternelle, au moins partiellement.

Le caractère montagnard de la Canne *Chunnee* se manifeste par son port grêle qui est celui d'une *herbe*, et ne rappelle en rien les *Cannes géantes* de Java; elle est habituée au froid, même à la gelée. On comprend qu'elle ait pu, par hybridation, infuser à la Canne de Java, dégénérée sous l'influence d'un climat équatorial déprimant, une vigueur perdue depuis des générations. Les qualités nouvelles acquises sont plus ou moins en harmonie avec le climat alpestre. Mais les exigences industrielles limitent nécessairement ces dernières.

---

de terre montagnardes (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 8, 1925, p. 356-362); *Un programme pour la lutte contre la dégénérescence de la Pomme de terre* (*Ibid.*, 10e série, 9, 1927, p. 281 à 284).

Aussi, malgré le croisement, le type bâtard réclame-t-il encore, tous les six ans au plus, la cure d'altitude. On peut donc dire que le traitement complexe qui vient d'être exposé a un *double caractère montagnard*.

On retrouve ce double caractère dans le cas des hybrides dérivés de la Canne *Kassoer* trouvée sur le mont Tjérémé (à Java) et aussi dans les Cannes du nord de l'Inde, *Glagah, Saretha*.

On conçoit que les hybrides des dérivés de quatre types précédents, surtout le premier, *résistent bien au froid* et s'accommodent aisément du climat des contrées à la limite de l'aire de culture de la Canne (Argentine, Formose, etc.).

Pour un certain nombre d'hybrides simples ou composés, employés maintenant à Java, le caractère montagnard d'aucun parent ne se reconnaît. Ce sont d'ailleurs ceux qui, dans ces dernières années, ont eu le plus de succès. L'un d'eux occupait, en 1922, une surface de 56800 hectares, c'est-à-dire 39 pour 100 de la surface plantée en Canne dans toute l'île. Pour les autres hybrides employés on trouvait, à cette époque, des surfaces proportionnellement moindres : 18 pour 100, 17, 3, etc. Le total serait entre 95 et 99 pour 100 de la surface plantée.

On peut dire, d'après cela, que la *surface totale* consacrée à la Canne est occupée par des hybrides fabriqués spécialement en vue de lutter contre le Sereh. Pour tous ces hybrides le traitement de la cure d'altitude est nécessaire (*traitement simple*).

Récemment, en 1925, pour l'un de ces hybrides (DI52), on a négligé de transporter les boutures en montagne et la maladie est réapparue avec son caractère agressif inquiétant. On a trouvé 20 à 60 pour 100 des pieds malades *en plaine*, au lieu de 1,5 à 0 pour 100 *en montagne*. La *sélection en plaine doit donc être proscrite*, car elle est dangereuse. Ce résultat apprend, en outre, que, malgré quarante ans d'efforts, le Sereh existe toujours : on arrive à le tenir en échec, mais il n'est pas vaincu.

Voici les conséquences économiques qui découlent de ce qui précède. Lorsque le Sereh a fait son apparition en 1883, les planteurs ont cru que c'était la ruine qui arrivait. Cependant très rapidement la situation a changé. Au lieu de se réduire, la surface cultivée a été en s'accroissant d'une manière très régulière en même temps que progressait uniformément la production du sucre à l'hectare. Vers 1900, Java avait pris la tête parmi les pays tropicaux producteurs de sucre de Canne.

On peut conclure de tout ce qui précède que c'est par *trente-huit ans d'expérimentation agricole en grand que se trouve établie l'efficacité pratique de la cure d'altitude* contre le Sereh.

Tout a été organisé à Java pour lutter contre cette maladie, qui offre des analogies manifestes avec les maladies de dégénérescence : des hybrides nombreux ont été créés qui occupent maintenant toute la surface cultivée

et tous ces hybrides sont renforcés par des cultures montagnardes puissantes.

On ne pourrait guère citer un autre exemple (¹) d'une pareille mobilisation de toute l'agriculture d'une grande contrée pour combattre un ennemi resté mystérieux et inconnu et toujours présent.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la teneur en soufre total de la terre arable.* Note (²) de MM. **Gabriel Bertrand** et **L. Silberstein.**

Bien que le soufre fasse partie de la molécule des matières protéiques et se range, au moins à ce titre, parmi les éléments de construction de toutes les cellules végétales, les agriculteurs ne s'en préoccupent pour ainsi dire jamais : ils ne recherchent pas si le sol en contient des proportions suffisantes pour assurer le meilleur développement de leurs récoltes, ils ne font pas usage intentionnellement d'engrais qui en renferment.

Cette négligence a sans doute son origine dans le fait que l'on ne dispose jusqu'ici pour le dosage du soufre dans les végétaux, les sols et les engrais organiques que de méthodes très imparfaites ou trop difficiles à appliquer aux recherches de chimie agricole. Les renseignements que l'on possède sur la teneur en soufre des uns et des autres sont, en conséquence, erronés ou incomplets; faute de bases précises pour apprécier le problème, on se laisse aller à l'empirisme; et, pour ceux qui mettent en pratique les procédés modernes de culture, la nécessité du soufre est encore masquée par l'apport de proportions aussi élevées qu'inconscientes de soufre, soit à l'état de sulfates d'ammoniac ou de potassium, employés directement comme engrais, ou de sulfate de calcium, inévitablement contenu dans les superphosphates, soit encore à l'état de métalloïde, d'acide sulfurique ou de sulfate de cuivre au cours de certains traitements (³).

Nous avons trouvé que la méthode d'analyse proposée autrefois par l'un de nous pour le dosage du soufre dans le caoutchouc brut et ses produits de manufacture (⁴) fournissait d'aussi bons résultats avec la terre arable. Nous l'avons alors utilisée pour déterminer la teneur en métalloïde total

(¹) Sauf peut-être le cas de la lutte contre le Phylloxéra.

(²) Séance du 7 juin 1927.

(³) Voir, à ce sujet, Gabriel Bertrand, *C. R. Ac. d'Agriculture*, 13, 1927, p. 146, et *Bull. agricole de la Soc. nat. d'Encour. à l'Agriculture*, 47, 1927, p. 19.

(⁴) Gabriel Bertrand, *Le caoutchouc et la gutta-percha*, 4, 1907, p. 1201.

d'une cinquantaine d'échantillons de sols cultivés provenant de plusieurs régions de la France. Ce sont les résultats de ce commencement d'enquête précise sur la question du soufre comme engrais que nous publions aujourd'hui.

La méthode de dosage consiste, en principe, à oxyder un poids connu de terre fine par chauffage au bain-marie, en vase ouvert, avec un peu d'acide nitrique fumant, ce qui fixe la portion du soufre la plus volatile, puis, définitivement, après addition d'un excès de carbonates de potassium et de sodium, en fondant dans un creuset de nickel. La totalité du soufre, amenée ainsi à l'état de sulfates alcalins, est alors précipitée par le chlorure de baryum, en prenant les précautions habituelles.

Sans entrer dans le détail du mode opératoire, que l'on pourra lire dans une autre publication, nous ferons remarquer qu'il est indispensable, pour obtenir des résultats aussi exacts que possible, de n'employer pour toutes les phases de l'opération que le chauffage électrique ou, à la rigueur, le chauffage à l'alcool. Si l'on se sert du chauffage au gaz ou même du chauffage au pétrole, les produits de la combustion apportent une surcharge de soufre non négligeable [1]. C'est ainsi que, dans une série comparative d'expériences à blanc, avec les réactifs seuls pris en mêmes quantités et traités de la même manière que dans les dosages sur des échantillons de 5^g de terre, nous avons trouvé :

	SO^4Ba pesé.	Soufre correspondant.
A. — *Chauffage électrique.*		
	mg	mg
Expérience n° 1	0,1	0,015
Expérience n° 2	0,0	0,00
B. — *Chauffage au gaz.*		
a. Après un quart d'heure de fusion.		
Expérience n° 3	3,5	0,48
Expérience n° 4	3,9	0,54
b. Après une demi-heure de fusion.		
Expérience n° 5	4,8	0,66
Expérience n° 6	4,6	0,63

S'il s'était agi de dosages dans la terre cela aurait conduit (en multipliant

(1) GABRIEL BERTRAND, *Le caoutchouc et la gutta-percha*, loc. cit.

par 200) à des surcharges d'environ $0^g,10$ de soufre par kilogramme de terre dans le cas des expériences 3 et 4 et de $0^g,13$ dans celui des expériences 5 et 6.

Ce sont là des erreurs en plus tout à fait inadmissibles lorsqu'on étudie des terres pauvres en métalloïde, comme il s'en présente quelquefois.

Les échantillons de terre arable que nous avons analysés nous ont été envoyés par les Directeurs des Stations agronomiques de Rouen, de Quimper, de Caen, d'Auxerre et de Nîmes. Ils avaient été recueillis dans les régions correspondantes, généralement entre la surface et la profondeur de 30^{cm}. Nous y avons ajouté un échantillon de terre, riche en matières organiques, provenant du jardin de l'Institut Pasteur.

Voici, résumés en un tableau, les résultats que nous avons obtenus :

	Soufre en grammes par kilogramme de terre fine supposée sèche.		
Institut Pasteur (1 éch.)...			5,175
Seine-Inférieure (20 éch.).	0,912 (Sotteville-lès-Rouen)	à	3,005 (Heurteauville)
Finistère (10 échantillons.).	0,466 (Kebernès)	à	1,208 (Gouézec)
Calvados (4 échantillons)...	0,312 (Hermival-les-Vaux)	à	0,735 (Blangy-le-Château)
Yonne (7 échantillons).....	0,226 (Perrigny)	à	0,694 (Charbuy)
Gard (8 échantillons)......	0,202 (Beauvoisin)	à	0,626 (Saint-Chaptes)

Ces résultats montrent que les proportions de soufre contenues dans nos terres cultivées oscillent entre d'assez larges limites et s'abaissent quelquefois à des valeurs très basses.

Dans le cadre des régions examinées, il est remarquable que ces proportions varient en quelque sorte par régions, allant des plus élevées dans la Seine-Inférieure aux plus faibles dans le Gard. Il est non moins remarquable que les régions les plus riches en soufre sont aussi parmi les plus fertiles.

Il est logique de supposer, d'après ces résultats et ces observations, que l'apport d'engrais sulfatés aux terres les plus dépourvues de soufre exercerait une influence heureuse sur le rendement des récoltes.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Variations avec les régimes dans l'élimination du carbone urinaire chez les diabétiques.* Note [1] de MM. **A. Desgrez** et **H. Bierry.**

L'évolution du carbone urinaire n'a pas été, comme l'évolution de l'azote, l'objet de recherches systématiques. L'intérêt de cette question a pourtant été signalé, il y a longtemps déjà, par Ch. Bouchard et A. Desgrez. Ces auteurs ont en particulier insisté sur l'importance du rapport : $\frac{\text{Carbone urinaire total}}{\text{Azote urinaire total}}$, dans le problème de la désassimilation du carbone de l'albumine. En introduisant ce rapport en pathologie, ils ont fait remarquer que toutes choses restant égales du côté de l'excrétion azotée, plus la valeur de ce quotient reste élevée, moins, par contre, se trouve poussée la dégradation de la molécule protéique ingérée. Ce quotient permet donc d'établir jusqu'à un certain point le degré de perfection d'utilisation d'une albumine.

Une partie seulement du carbone des protides, détruits chaque jour, apparaît dans l'urine qui, par contre, renferme presque tout l'azote de ces mêmes protides. C'est que l'effeuillement de la molécule protéique entraîne diverses portions du carbone vers d'autres émonctoires que le rein; en particulier, la partie correspondant aux acides aminés gluco-générateurs est dérivée vers le poumon, après combustion des sucres formés.

Si l'on suppose, comme Loewy, une albumine (chair musculaire) renfermant 52,38 de carbone et 16,65 de N pour 100, le rapport du carbone à l'azote est dans cette albumine $\frac{52,38}{16,65} = 3,145$. Après une succession de dislocations dans un organisme, maintenu en équilibre azoté, cette protéine va donner naissance à une série de déchets entraînant l'azote. Si l'urée, dans laquelle on retrouve 80 pour 100 environ de cet azote, était le seul déchet organique de l'urine, le rapport du carbone total à l'azote urinaire devrait être 0,428, d'après la formule même de l'urée. Or Ch. Bouchard a montré que ce rapport, chez l'homme normal, est bien supérieur à ce nombre. Les valeurs trouvées ont été de 0,66 à 0,74 (Lambling et ses collaborateurs). Cela tient à ce que dans l'urine, on rencontre : 1° divers composés azotés (créatinine, acide urique, acides aminés) plus riches en carbone que l'urée;

---

[1] Séance du 7 juin 1927.

2° des composés carbonés non azotés : acide lactique, aldhéyde acétique, etc.

Comme ce carbone des composés ternaires de l'urine représente, somme toute, du carbone ayant échappé aux oxydations, Spiro lui a donné le nom de carbone dysoxydable. Cette fraction ternaire du carbone urinaire, faible chez l'homme, à l'état normal, augmente très fortement dans certains états pathologiques. Récemment Kauffmann-Cosla, A. Bickel et leurs collaborateurs ont étudié, chez les diabétiques, à la suite de divers traitements, l'élimination du carbone incomplètement oxydé de l'urine; c'est ce que Nicloux désigne sous le nom de dyscarbonurie. Ils utilisaient, dans ces expériences, le quotient $\frac{C}{N}$, comme donnée principale.

Des recherches, commencées dès 1919, nous ont amenés à envisager, entre les divers éléments de la ration, un équilibre dont la rupture conduit à un défaut d'utilisation intégrale de cette ration et l'apparition d'accidents pouvant occasionner, entre autres choses, l'excrétion de corps acétoniques et la perte de l'équilibre azoté. Ces notions, étendues aux diabétiques, nous ont conduits, comme conséquence de l'existence des minima, à ce que nous avons appelé, avec F. Rathery, *régimes équilibrés*. Dans de tels régimes, les protéines, les graisses et les hydrates de carbone doivent figurer en proportions telles que, tout en satisfaisant les équilibres azoté et cétogénique, la ration apporte un nombre convenable de calories.

En pratique, on établit ces régimes en prenant pour guide des analyses d'urine qui portent sur l'azote total, le glucose, les corps cétoniques et l'acide cétogène (β-oxybutyrique). Dès le début de nos recherches, dans des expériences publiées ici même (1922), nous avons ajouté à ces données la notion du carbone total.

Nous donnerons comme exemple les variations, dans les éliminations urinaires d'un diabétique, avant et pendant le traitement (régime équilibré). Ce malade ingérait une ration type, comprenant des protides, lipides et glucides, en proportions d'abord réduites et telles que l'acétonurie fût sensiblement devenue celle du jeûne. La quantité de protides restant fixe, on augmentait, à un moment donné, la proportion de corps gras (beurre), rompant ainsi l'équilibre entre les constituants de la ration.

Les méthodes d'analyse : carbone total, corps cétoniques et acide β-oxybutyrique, ont été publiées dans ces *Comptes rendus* après examen, critiques et modifications.

Élimination par 24 heures :

	Glucose.	Corps cétoniques.	Acide cétogène.	Urée.	NH^3 en N.	NH^2 en N.	N total.	Carbone total.
	g	g	g	g	g	g	g	g
Avant régime équilibré.....	23,60	1,05	1,50	19,57	0,71	0,17	10,65	19,75
Régime équilibré	14,50	0,80	0,68	17,80	0,24	0,16	10,30	14,30
	11,30	0,60	0,75	15,95	0,42	0,18	9,17	11,68
Même régime, plus supplément de graisse.........	13,05	0,65	0,89	17,80	0,22	0,09	10,40	14,60
	15,00	0,50	0,95	18,90	0,48	0,16	10,70	15,30
	23,60	0,37	1,30	15,40	0,47	0,15	8,90	17,80

Ces données nous permettent d'établir deux rapports : le rapport A, rapport du carbone total ([1]) — déduction faite du glucose calculé anhydre — à l'azote total $\frac{C_t - C_g}{N_t}$; le rapport B du carbone résiduel (obtenu en soustrayant du carbone total les carbones du glucose et de l'urée) à l'azote total défalqué de l'azote uréique $\frac{C_t - (C_g + C_u)}{N_t - N_u}$. On élimine l'urée, considérée comme le produit ultime d'une dégradation protéique intégrale.

Rapport A.	Rapport B.
0,96	4,20
0,82	2,47
0,78	2,29
0,90	2,77
0,86	2,93
0,93	3,06

On voit que les valeurs des deux rapports sont minima pendant la durée du régime équilibré. Si l'on vient, au contraire, à rompre l'équilibre entre les constituants de la ration par un supplément de graisse (beurre, par exemple), l'élimination de l'acide β-oxybutyrique et celle du carbone incomplètement oxydé subissent une augmentation notable.

([1]) L'acide carbonique est considéré, tout à fait incidemment, comme un acide urinaire : il est cependant présent de façon régulière dans l'urine, sous forme d'acide carbonique libre, de radical CO^3H^-, acide faible dont le sel est le bicarbonate, ou d'acide de radical CO^3Na^-, acide très faible dont le sel est le carbonate neutre. Une urine de pH 4,8 renferme de très petites quantités de bicarbonates, une urine de pH 7,2 en renferme des quantités assez importantes. Nous avons montré qu'il existe, aux environs de pH 6,5, un point critique; à partir de pH 6,5, l'acide carbonique croît très rapidement avec le pH. Si l'on faisait ingérer à des malades une eau type Vichy ou des bicarbonates, il faudrait, pour des urines à pH supérieur à 7,2, défalquer le carbone non élaboré.

L'établissement des rapports A et B, les dosages respectifs des corps cétoniques et de l'acide cétogène, permettent d'établir, avec une grande précision, la valeur d'un régime pour les diabétiques.

En présentant à l'Académie l'*Exposé élémentaire du calcul vectoriel et de quelques applications* de M. Henri Malet, dont il a écrit la *préface*, M. d'Ocagne fait remarquer que l'auteur, mathématicien doublé d'un ingénieur, s'est appliqué à donner un exposé des méthodes vectorielles aussi peu abstrait que possible, s'attachant, au lieu d'introduire des notions et des symboles définis *a priori*, à montrer comment on est conduit logiquement à les envisager. L'ouvrage se termine, à titre d'application, par une étude critique des lois de l'électromagnétisme.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Picard**, **G. Kœnigs**, **J. Perrin**, pour les Sciences mathématiques; MM. **A. Lacroix**, **L. Guignard**, **A. d'Arsonval**, pour les Sciences physiques, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, donnera une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de M. *Kamerlingh Onnes*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la place d'Astronome titulaire vacante à l'Observatoire de Paris, M. **Pierre Salet** est désigné comme candidat de première ligne par 36 suffrages contre 13 à M. *Armand Lambert* et 2 à M. *P. Fatou*.

Pour la seconde ligne, M. **P. Fatou** est désigné par 30 suffrages contre 19 à M. *Armand Lambert*.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts comprendra :

En première ligne	M. **Pierre Salet**.
En seconde ligne	M. **Paul Fatou**.

PLIS CACHETÉS.

M. Georges Bourguignon demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 24 janvier 1927 et inscrit sous le n° 9766.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Chronaxie des muscles de la jambe du lapin. Comparaison avec la chronaxie des muscles de la jambe de l'homme à l'état normal et dans les lésions du faisceau pyramidal.*

(Renvoi à l'examen de M. Ch. Richet.)

CORRESPONDANCE.

Le Comité organisateur invite l'Académie à se faire représenter au *Premier Congrès du Moteur à explosion* qui se tiendra en l'honneur de Henri Bernardi à Padoue les 16-17 juin 1927.

M. Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts invite l'Académie à élire ceux de ses membres qui, dans la *Commission technique de la Caisse générale des Recherches scientifiques*, dont les pouvoirs touchent à leur fin, devront faire partie des première, deuxième et troisième sections.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Raoul Combes. *La vie de la cellule végétale.*

2° *Les principes de la mécanique des ressorts*, par A. Boulanger.

3° *Le choc des corps solides, théorie, expérimentation, utilisation*, par A. Boulanger.

4° *L'évolution des idées géométriques dans la pensée grecque*, par Federigo Enriques.

5° *Aspects actuels de la physiologie du myocarde* (première série). *L'onde*

excitatrice, son origine, sa propagation et ses manifestations électriques, par Henri Fredericq. (Présenté par M. F. Henneguy.)

6° *Travaux de la première Conférence géodésique* (19-22 avril 1926). (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les transformations des réseaux* R. Note (¹) de M. **Beniamino Segre.**

1. Dans cette Note je fais remarquer certains liens intimes qu'il y a entre les transformations de Jonas et de Fubini des réseaux R : ces considérations permettent aisément d'approfondir l'étude de ces transformations, comme je le montrerai ailleurs.

2. Soit K une congruence R générique ; cherchons avec M. Fubini les surfaces S qui sont *complètement conjuguées* à K (²) : sur une telle surface les développables de K découpent *un réseau* R, que nous dirons transformé F de l'un et de l'autre des deux réseaux focaux de K. Considérons la surface Σ support de l'un de ces deux réseaux, et sur elle choisissons les courbes du réseau comme lignes $u+v=$ const. et $u-v=$ const., de sorte que les asymptotiques soient les courbes coordonnées $u=$ const. et $v=$ const. Les coordonnées x des points de Σ satisferont à un système complètement intégrable

$$(1)\qquad \begin{cases} x_{uu}=\theta_u x_u+\beta x_v+p_{11}x \\ x_{vv}=\gamma x_u+\theta_v x_v+p_{22}x \end{cases}\qquad \text{avec}\quad \beta_v=\gamma_u.$$

On a *deux* séries de ∞^4 réseaux R qui sont transformés F du réseau (x), suivant que l'on considère comme congruence K celle qui est formée par les tangentes aux courbes $u+v=$ const. ou $u-v=$ const. Ces réseaux (y) et (z) sont respectivement donnés par les formules

$$(2)\qquad y=\left(\frac{x}{\sigma}\right)_u-\left(\frac{x}{\sigma}\right)_v \qquad \text{et}\qquad z=\left(\frac{x}{\sigma}\right)_u+\left(\frac{x}{\sigma}\right)_v,$$

σ étant une quelconque des solutions non nulles du système

$$(3)\qquad \begin{cases} \sigma_{uu}=\theta_u\sigma_u+\beta\sigma_v+(p_{11}+c)\sigma \\ \sigma_{vv}=\gamma\sigma_u+\theta_v\sigma_v+(p_{22}+c)\sigma \end{cases}\qquad (c \text{ constante arbitraire}).$$

(¹) Séance du 7 juin 1927.

(²) G. Fubini, *Sulla teoria delle superficie* R *e delle loro trasformazioni* (*Rendic. R. Accad. Naz. dei Lincei*, 6e série, 4, 1926_2, p. 81). On dit qu'une surface S est *complètement conjuguée* à une congruence W, lorsque celle-ci est conjuguée à un réseau de S, et en plus les asymptotiques de S et des surfaces focales de la congruence se correspondent.

3. Considérons les réseaux (y) et (z) qu'on obtient des (2) en correspondance à *une même* solution σ des (3) : on voit aisément qu'ils sont les réseaux focaux de la congruence (yz), et que *la congruence* R *qu'on obtient ainsi est la plus générale congruence* R *qui est complètement harmonique au réseau* (x) ([2]).

On peut raisonner par dualité, et l'on obtient de la sorte toutes les congruences R qui sont *complètement conjuguées* au réseau (x); il est clair que les réseaux focaux de ces congruences, sont précisément *les réseaux* R *qui admettent le réseau* (x) *donné comme transformé* F.

4. Le système (3) [comme le système (1)] est complètement intégrable ([2]). Soient σ' et σ'' deux diverses solutions de ce système, dans lequel c a une valeur *fixe*. Pour ce qui précède nous aurons en correspondance deux congruences R : $(y'z')$ et $(y''z'')$; celles-ci sont harmoniques à un même réseau (x), donc elles seront aussi conjuguées à un même réseau $(\overline{x})$, qui sera un *réseau dérivé* du réseau (x) : $\overline{x}$ est le point de rencontre des droites $y'z'$ et $y''z''$, et il peut s'exprimer avec la formule :

$$\overline{x} = \begin{vmatrix} x & x_u & x_v \\ \sigma' & \sigma'_u & \sigma'_v \\ \sigma'' & \sigma''_u & \sigma''_v \end{vmatrix}. \tag{4}$$

Le réseau $(\overline{x})$ *est un réseau* R *transformé de Jonas du réseau* (x), *et l'on obtient de la sorte* tous *les transformés de Jonas* ([3]).

Le réseau $(\overline{x})$ est transformé par congruences W du réseau (x); il est donc *complètement conjugué* aux congruences $(y'z')$ et $(y''z'')$, ce qui démontre que :

L'on peut toujours (et d'une infinité de manières) passer d'un réseau R *à un*

([1]) Les deux suites de Laplace déterminées par les réseaux (x) et (y) sont l'une inscrite dans l'autre, et se composent toutes les deux uniquement de réseaux R.

([2]) Sans insister ici sur ce point, remarquons que pour une valeur fixée de la constante c, les (3) définissent une surface (σ) qui est projectivement applicable sur la surface Σ; pour ce qui précède, et pour ce que nous disons après, cela démontre les théorèmes sur la déformation projective des surfaces R, que M. Fubini a donnés dans la Note citée plus haut et dans le traité : FUBINI-CECH, *Geometria proiettiva differenziale*, **1**, § 54 (Bologna, Zanichelli, 1926).

([3]) Pour l'étude de la transformation de Jonas *cf.* : H. JONAS, *Ueber die Konstruction der W Kongruenzens* (*Jahresber. d. D. Math. Ver.* **29**, 1920, p. 40).

de ses transformés de Jonas, en appliquant successivement deux fois la transformation de M. Fubini (¹).

On peut démontrer que : *si* $(\bar{x})$ *est transformé de Jonas de* (x), (x) *est inversement transformé de Jonas de* $(\bar{x})$ (²).

Pour ce qui précède on peut passer de (x) à $(\bar{x})$ au moyen de deux transformations F : soit (y) un quelconque des réseaux intermédiaires ; soit de même $(\bar{y})$ un quelconque des réseaux qui permettent de passer de $(\bar{x})$ à (x) au moyen de deux transformations F, avec la seule condition que (y) et $(\bar{y})$ soient conjugués aux congruences des tangentes aux courbes *homologues* des deux réseaux (x) et $(\bar{x})$. On a alors que : *les deux réseaux* (y) *et* $(\bar{y})$ *sont transformés de Jonas l'un de l'autre.*

On obtient ainsi une figure tout à fait remarquable, constituée par un tétraèdre $(xy\bar{x}\bar{y})$ dont tous les côtés décrivent des congruences W ; les sommets et les faces décrivent 4 réseaux R ; et chacun de ces 4 réseaux est transformé F d'un des réseaux restants, transformé de Jonas d'un deuxième, et admet le dernier réseau comme transformé F.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les symétries de la théorie des groupes continus.* Note de M. **A. Buhl.**

La présente Note s'inspire du récent Mémoire de M. Élie Cartan sur *La Géométrie des Groupes de transformations* (³). Elle n'y ajoute rien d'essentiel mais me paraît s'y rapporter d'une manière particulièrement élégante.

Soit le premier théorème de Lie exprimé par l'un ou l'autre des systèmes

$$\frac{\partial x'_i}{\partial a_l} = \alpha^{jl}(a)\xi_{ji}(x'), \qquad \frac{\partial x'_i}{\partial b_l} = \beta^{jl}(b)\xi_{ji}(x'). \tag{1}$$

(¹) Avec les notations précédentes on peut prendre comme réseau intermédiaire un quelconque des réseaux (y) ou (z) donnés par les (2), dans lesquelles σ est une combinaison linéaire quelconque, à coefficients constants, de σ' et σ''.

(²) De cette proposition on tire en vertu du numéro précédent, que *deux réseaux* R *qui sont transformés de Jonas l'un de l'autre sont réciproquement dérivés.* L'étude directe des couples de réseaux qui jouissent d'une telle propriété, a été faite par M. G. Tzitzéica (sans toutefois en donner un exemple explicite) dans la Note *Sur les réseaux réciproquement dérivés* (*Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 666).

(³) *Journal de Mathématiques*, 9ᵉ série, **6**, 1927, p. 1-119.

L'analyse même de Lie et Engel (¹) réunit ceux-ci par les relations immédiates

$$\alpha^{jl}(a)\,da_l = \beta^{jl}(b)\,db_l,$$

ou, en notations pfaffiennes

$$(2)\qquad \varpi^j(a) = \omega^j(b).$$

A (1) on peut adjoindre deux autres systèmes de même forme construits en remplaçant dans (1) les x' par les x, les a par les b, les b par les a, ce qui conduit à adjoindre à (2),

$$(3)\qquad \varpi^j(b) = \omega^j(a).$$

De toutes façons, considérons le tableau (où les formes ω pourraient être changées de signe)

$$(4)\qquad \begin{cases} \varpi^j(a), & \omega^j(b), \\ \varpi^j(b), & \omega^j(a). \end{cases}$$

Peut-être celui-ci est-il, avec le premier théorème de Lie, ce qu'il y a de plus fondamental dans la théorie. Il contient en puissance les deux autres théorèmes dits fondamentaux et beaucoup d'autres choses de première importance.

Si, dans (4), on égale les termes pris dans une même colonne, on obtient deux systèmes (que je dirai *verticaux*) déjà formés (²) et qui constituent les *équations de définition* des deux groupes paramétriques. Les systèmes *horizontaux* (2) et (3) définissent évidemment la transformation d'un groupe paramétrique en l'autre. Or, si l'on étudie l'intégrabilité des systèmes verticaux puis celle des systèmes horizontaux, toujours dans l'esprit pfaffien des méthodes de M. Cartan, *on trouve exactement les mêmes conditions* exprimables par un système de Maurer-Cartan.

$$(5)\qquad [\pi^j]' + c^j_{ik}[\pi^i\pi^k] = 0$$

qui doit être vérifié par tous les éléments du tableau (4). Ainsi le système (5) peut être atteint non seulement en cherchant les groupes paramétriques mais, d'une manière encore un plus immédiate et élémentaire, en cherchant les transformations de ces groupes l'un en l'autre.

L'intégration de systèmes (5) peut être faite avec considération d'un

---

(¹) *Theorie der Transformationsgruppen*, 1, 1888, Chap. II.

(²) E. CARTAN, *loc. cit.*, p. 47-48.

système différentiel linéaire et homogène ([1]) qui définit le groupe adjoint. Ainsi le groupe initial, ses groupes paramétriques et son groupe adjoint sont rapprochés avec une symétrie et une brièveté extrêmes.

Les égalités horizontales du tableau (4) précisent encore d'autres symétries. Ainsi dans les espaces tordus mais non incurvés du groupe initial, M. Cartan considère les deux éléments de volume respectifs

$$d\tau_1 = \varpi^1(a)\ldots\varpi^r(a) = \omega^1(b)\ldots\omega^r(b),$$
$$d\tau_2 = \omega^1(a)\ldots\omega^r(a) = \varpi^1(b)\ldots\varpi^r(b),$$

les derniers membres étant ajoutés ici d'après (2) et (3). Comme l'établit M. Cartan, ces éléments sont différents mais il n'en est que plus intéressant de remarquer qu'ils peuvent avoir des expressions analytiques identiques. On établirait de même l'unicité des géodésiques.

Remarquons encore, avec M. Cartan, que

$$c^i_{si}c^s_{jk} = 0; \qquad \text{d'où} \qquad c^i_{si}[\pi^s]' = 0$$

pour des formes π^s satisfaisant à (5). Alors $c^i_{si}\pi^s$ est une différentielle exacte. Il faut attacher une très grande importance à ce résultat. Il provient, au fond, d'une *contraction* de l'identité de Jacobi de même que les équations générales d'Einstein proviennent d'une contraction de l'identité de Bianchi.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégro-différentielles normales d'ordre infini.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. Nous indiquons ci-après des conditions *très générales* moyennant quoi une équation intégro-différentielle linéaire aux dérivées partielles d'*ordre infini* est *normale* ([2]). En outre, nous donnerons une formule de résolution au moyen d'un *noyau résolvant* et nous établirons l'*unicité* de la solution. Soit donc (en prenant, pour fixer les idées, deux variables indépendantes x, y)

([1]) A. Buhl. *Électromagnétisme et Gravifique* [*Annales de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 3e série, 19, 1927, p. 12, éq. (26)].

([2]) Nous avons appelé *normales* les équations différentielles et intégro-différentielles (à une ou plusieurs variables) dont les solutions ont pour domaine d'existence le domaine commun aux coefficients et fonctions arbitraires données : *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 925. (Dans cette Note, à la dernière ligne de la page 925, lire *linéaires*, au lieu de *ordinaires*.)

l'équation intégro-différentielle d'*ordre infini*

$$\text{(E)} \qquad \varphi(xy) - f(xy) = \lambda \sum_{\nu=0}^{\nu=+\infty} F_\nu(\varphi),$$

en posant

$$F_\nu(\varphi) = \int_{m_\nu}^{x} \int_{p_\nu}^{y} \sum_{r+q=0}^{r+q=\rho_\nu} K_{r,q}^{\nu}(xytv) \frac{\partial^{r+q}\varphi(tv)}{\partial t^r \partial v^q} dt^{m_\nu} dv^{p_\nu},$$

où $\varphi(xy)$ est l'inconnue; où λ est un paramètre; où les coefficients $f(xy)$ et $K_{rq}^{\nu}(xytv)$ sont holomorphes quand x et la variable d'intégration t sont dans un domaine D_x (borné, complet et simplement connexe), et y, v dans un domaine analogue D_y. L'intégrale $(m_\nu + p_\nu)$-uple est prise le long de deux lignes rectifiables de D_x et D_y, depuis deux points fixes x_0, y_0 jusqu'à x et y respectivement. Enfin la somme $\sum_{r+q=0}^{r+q=\rho_\nu}$ s'étend à tous les couples d'entiers $(\geqq 0)\, r$ et q tels que $0 \leqq r+q \leqq \rho_\nu$. L'entier ρ_ν est dit l'*ordre différentiel* du terme $F_\nu(\varphi)$, et $(m_\nu + p_\nu)$ ou γ_ν son *ordre intégral*. Appelons μ la borne supérieure de $|f(xy)|$ dans (D_x, D_y), et M_ν celle des modules de tous les coefficients K_{rq}^{ν} du terme $F_\nu(\varphi)$.

2. *Théorème d'existence.* — Faisons l'hypothèse fondamentale que M_ν peut croître indéfiniment avec l'entier ν de telle sorte qu'on ait $M_\nu \leqq a^{\nu d^\nu}$, a et d étant des constantes > 1.

Cela étant, supposons que ρ_ν et γ_ν croissent, à partir de leurs valeurs initiales ρ_0 et γ_0, à la manière de progressions arithmétique et géométrique, de façon qu'on ait

$$\rho_0 < \gamma_0, \qquad \rho_\nu = \rho_0 + \nu\beta, \qquad \gamma_0 + b^\nu \leqq \gamma_\nu < \gamma_0 + b^{\nu+1},$$

β étant un entier $\geqq 1$, b une constante qui soit, ainsi que $(b\,\mathrm{L}b)$, $> \beta$.

De plus supposons $b > d$ (a pouvant être quelconque); ou $b = d$, si $d > a$.

THÉORÈME. — *Si* M_ν, ρ_ν *et* γ_ν *satisfont aux conditions précédentes, l'équation* (E) *est normale : dans tout domaine intérieur à* (D_x, D_y), *elle a une solution unique* $\varphi(xy)$, *holomorphe, et représentée par la série* $\sum_{n=0}^{+\infty} \varphi_n(xy)$ *où* $\varphi_0(xy)$ *est* $f(xy)$ *et où* $\varphi_n(xy)$ *est* $\Phi(\varphi_{n-1})$, *en appelant* $\Phi(\varphi)$ *le second membre de* (E).

3. *Principe de la démonstration.* — En effet, cette série $\Sigma\varphi_n$ qui est une solution *formelle,* est bien uniformément convergente dans (D_x, D_y); car $|\varphi_n(xy)|$ est $\leqq$ à la

quantité $\frac{\mu}{(n!)^{\gamma_0-\alpha\rho_\varepsilon}}\cdot[|\lambda|.S.l^{\gamma_0}]^n$, terme général d'une série numérique toujours convergente, où α est un nombre quelconque >1 et $<\frac{\gamma_0}{\rho_0}$; où l est une constante supérieure aux longueurs de toutes les lignes d'intégration envisagées dans D_x et D_y; enfin où S est une constante au moins égale (quels que soient n et l) à la somme S_n de la série

$$(S_n)=\sum_{\nu=0}^{+\infty}\frac{(\rho_\nu+1)(\rho_\nu+2)}{2}\left(\frac{\omega}{\varepsilon}\right)^{\rho_\nu}M_\nu n^{\alpha(\rho_\nu-\rho_0)}l^{\gamma_\nu-\gamma_0}\frac{\rho_\nu!\,(nm_0)!\,(np_0)!}{(nm_0+m_\nu)!\,(np_0+p_\nu)!},$$

qu'on démontre être toujours convergente et avoir une somme bornée $\left(\omega\right.$ étant la somme de la série $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^\alpha}$ et ε étant une constante arbitrairement petite$\left.\right)$ (¹).

Quant à l'*unicité* de cette solution $\varphi(xy)$, elle résulte du fait que, s'il existait une autre solution, leur différence $\psi(xy)$ vérifierait l'équation *homogène* $\psi(xy)=\Phi(\psi)$: alors $\psi(xy)$ serait constamment égale à l'expression obtenue en effectuant sur ψ l'*itération de l'opération* Φ; cette *itérée* tendant vers zéro (d'après la démonstration précédente), il faut bien que ψ soit $\equiv 0$.

4. *Noyau résolvant.* — Soient z et ζ des points variables sur les contours C et Γ de D_x et D_y. Posons

$$\frac{1}{(z-t)(\zeta-v)}=\theta(z\zeta),\qquad \Phi(\theta)=\Phi_0(z\zeta),\qquad \Phi(\Phi_0)=\Phi_1(z\zeta),\qquad\ldots,$$
$$\Phi(\Phi_{n-1})=\Phi_n(z\zeta),\qquad \sum_{n=0}^{n=+\infty}\Phi_n(z\zeta)=R(z\zeta).$$

La formule fondamentale de Cauchy permet alors d'écrire sous la forme suivante l'équation (E) et sa solution $\varphi(xy)$, où $R(z\zeta)$ est le *noyau résolvant*

(E *bis*)
$$\varphi(xy)-f(xy)=\frac{1}{(2\pi i)^2}\int_C\int_\Gamma\Phi_0(z\zeta)\,\varphi(z\zeta)\,dz\,d\zeta,$$
$$\varphi(xy)-f(xy)=\frac{1}{(2\pi i)^2}\int_C\int_\Gamma R(z\zeta)f(z\zeta)\,dz\,d\zeta.$$

(¹) Pour obtenir cette limitation de $|\varphi_n|$, j'utilise encore, comme dans le cas des équations d'ordre *fini* (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1094; *Journ. École. Polytech.*, 24ᵉ cahier, 1924, p. 20) la représentation des dérivées partielles $\frac{\partial^{r+q}\varphi(t_\nu)}{\partial t^r\,\partial v^q}$ par la *formule de Cauchy* en choisissant des contours variables à la fois avec les points t et v, et avec l'indice n.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions singulières des équations intégrales de Volterra.* Note [1] de M. V. A. **Kostitzin**, transmise par M. Hadamard.

J'ai fait voir que [2], si l'on considère l'état actuel d'un système comme dépendant de *toute* son histoire antérieure, il y a une multiplicité de solutions et il faut prendre des précautions particulières pour choisir celle qui satisfait effectivement au problème physique posé. Or il est facile de généraliser les résultats obtenus pour le cas d'un noyau quelconque. Soit en effet

$$(1) \qquad R(\lambda\,;\, x,\, t) = K(x,\, t) + \lambda \int_t^x K(x,\, u) R(\lambda\,;\, u,\, t)\, du$$

l'équation intégrale du noyau résolvant et supposons qu'il existe une fonction $f(t)$ telle que l'on ait

$$(2) \qquad \lim_{t \to -\infty} \frac{R(\lambda\,;\, x,\, t)}{f(t)} = \varphi(x)$$

$$(3) \qquad \lim_{t \to -\infty} \frac{K(x,\, t)}{f(t)} = \sigma$$

et que l'intégrale

$$\int_{-\infty}^x K(x,\, z)\, \varphi(z)\, dz$$

ait un sens. Il est facile de voir qu'on obtient de cette manière l'équation intégrale homogène

$$(4) \qquad \varphi(x) = \lambda \int_{-\infty}^x K(x,\, z)\, \varphi(z)\, dz;$$

cette équation a évidemment des solutions non nulles que nous appellerons solutions singulières.

2. Dans beaucoup de cas on peut utiliser, dans ce but, la fonction

$$f(t) = R(\lambda;\, x^\star,\, t),$$

$x^\star$ étant une valeur quelconque de x. Prenons par exemple

$$K(x,\, t) = u(x)\, v(t);$$

---

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) *Sur les solutions singulières des équations intégrales du cycle fermé* (*Recueil mathématique de Moscou*, 33, 1926, p. 41).

il est facile de voir que

$$K_n(x, t) = \frac{K(x, t)}{(n-1)!}\left[\int_t^x u(z)\,v(z)\,dz\right]^{n-1},$$

et par conséquent que

$$R(\lambda;\, x, t) = K(x, t)\, e^{\lambda\int_t^x u(z)\,v(z)\,dz}.$$

Il en résulte que la fonction

$$\frac{R(\lambda;\, x, t)}{R(\lambda;\, x^*, t)} = \frac{u(x)}{u(x^*)}\, e^{\lambda\int_{x^*}^x u(z)\,v(z)\,dz}$$

est indépendante de t et que, par conséquent,

$$\varphi(x) = \frac{u(x)}{u(x^*)}\, e^{\lambda\int_{x^*}^x u(z)\,v(z)\,dz}.$$

D'autre part,

$$\frac{K(x, t)}{R(\lambda;\, x^*, t)} = \frac{u(x)}{u(x^*)}\, e^{-\lambda\int_t^{x^*} u(z)\,v(z)\,dz};$$

on doit donc examiner la limite pour $t \to -\infty$ de l'intégrale

$$\lambda\int_t^{x^*} u(z)\,v(z)\,dz.$$

Si l'on a

$$\lim_{t \to -\infty} \lambda\int_t^{x^*} u(z)\,v(z)\,dz = +\infty,$$

il en résulte que

$$\lim_{t \to -\infty} \frac{K(x, t)}{R(\lambda;\, x^*, t)} = 0.$$

Nous sommes dans le cas du numéro précédent, et l'équation

$$\varphi(x) = \lambda\int_{-\infty}^x K(x, u)\,\varphi(u)\,du$$

a des solutions non nulles.

3. Ce simple exemple est suffisant pour faire voir à quel point il faut être circonspect quand on veut tirer des conclusions physiques et philosophiques de la théorie des équations intégrales de Volterra, surtout dans les problèmes de l'hérédité. Si l'on veut prendre en considération *toute* l'histoire du système examiné, on doit savoir éliminer les solutions singulières; sinon on risque d'obtenir plutôt des paradoxes que la solution effective du problème physique posé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un algorithme des suites.* Note de M. **René Lagrange**, présentée par M. Émile Borel

L'importance du rôle des suites en Analyse, et en particulier de celles de Bernoulli et d'Euler, rend intéressante l'étude d'un algorithme des suites. En adoptant la notation

$$[a] : a_0, a_1, a_2, \ldots, a_n \ldots,$$

l'égalité et l'addition de deux suites se définissent et s'écrivent naturellement

$$[a]=[b], \qquad \text{savoir} \qquad a_n=b_n$$
$$[c]=[a]+[b], \qquad \text{savoir} \qquad c_n=a_n+b_n.$$

La multiplication de deux suites terme à terme ($c_n=a_n b_n$) n'offre qu'un intérêt limité. Appelons *multiplication homogène* toute opération de la forme

$$c_n=\sum_{s=0}^{n}\Gamma_n^s a_s b_{n-s}, \tag{1}$$

où les Γ_n^s sont donnés. En l'assujettissant à être commutative et associative, on trouve aisément que l'on doit avoir

$$\Gamma_n^s=\frac{\Gamma_n\Gamma_{n-1}\ldots\Gamma_{n-s+1}}{\Gamma_s\Gamma_{s-1}\ldots\Gamma_1}\Gamma_1 \qquad 1\leqq s\leqq n,$$

avec $\Gamma_n^0=\Gamma_1$, les $\Gamma_n(n\geqq 1)$ constituant une suite arbitraire

On peut supposer $\Gamma_1\neq 0$ et même $\Gamma_1=1$, de sorte que (1) est analogue au développement du binome où les Γ_n seraient substitués aux nombres entiers. Toutes ces multiplications se ramènent alors à l'opération

$$c_n=\sum_{s=0}^{n}a_s b_{n-s}, \tag{2}$$

si l'on remplace systématiquement $[a]$ par $\left[\frac{a_n}{\Gamma_1\Gamma_2\ldots\Gamma_n}\right]$. Il suffit donc de considérer (2), que nous écrirons $[c]=[a].[b]$.

Les opérations ainsi définies possèdent les propriétés des opérations algébriques de même nom. On définit aisément la division $\frac{[a]}{[b]}$ pourvu que l'indice de $[b]$ (indice du premier terme non nul) soit $\leqq$ l'indice de $[a]$,

ainsi que les puissances $[a]^r$ d'une suite, même arbitraires si elle est d'indice zéro. Les suites dont tous les $a_n (n \geqq 1)$ sont nuls sont assimilables aux nombres entiers. Ces opérations existent sous forme d'opérations formelles sur les séries, mais le calcul d'interpolation conduit à introduire l'opération

$$c_n = \sum_{s=0}^{n} a_s b_{n-s}^{(1+s)},$$

où $b_n^{(s)}$ est le terme général de $[b]^s$, et que j'appelle *multiplication diagonale* $\big([c] = [a] : [b]\big)$. Cette opération est associative sans être commutative, et satisfait à l'identité

$$c_n^{(r)} = \sum_{s=0}^{n} a_s^{(r)} b_{n-s}^{(r+s)},$$

quel que soit r si les deux facteurs sont d'indice zéro. Plus généralement on a

$$[b]^{r'} . \big[[a] : [b]\big]^r = \left[\sum_{s=0}^{n} a_s^{(r)} b_{n-s}^{(r+r'+s)}\right],$$

qui prend, pour $r' = -r$, la forme remarquable

$$\left[\frac{[a] : [b]}{[b]}\right]^r = \frac{[a]^r : [b]}{[b]}.$$

A une suite $[a]$ d'indice zéro correspond une suite $[\bar{a}]$ unique telle que $[a] : [\bar{a}] = 1$; ces deux suites sont réciproques, et peuvent être dites *adjointes*. Elles satisfont à l'identité

$$\bar{a}_n^{(r'-r)} = \sum_{s=0}^{n} a_s^{(r)} \bar{a}_{n-s}^{(r'+s)}, \tag{3}$$

et l'on a, entre trois suites,

$$\frac{[b]}{[c]}[a] = \frac{[b] : [\bar{a}]}{[c] : [\bar{a}]} : [a].$$

Les fonctions $\sum_{n=0}^{\infty} a_n t^{n+1}$ et $\sum_{n=0}^{\infty} \bar{a}_n t^{n+1}$ sont inverses lorsqu'elles existent. Signalons, par exemple, que pour $[a] : 1, -\frac{1}{2}, 0, 0, \ldots$, on a

$$\bar{a}_n^{(r)} = \frac{2^{-n} r}{r(r+2n)} \binom{r+2n}{n},$$

d'où l'on déduit, grâce à (3), les identités

$$\sum_{s=0}^{n} \frac{(-1)^s r}{r+2s} \binom{r+2s}{s} \binom{r'+s}{n-s} = \binom{r'-r}{n},$$

$$\left(\frac{\sqrt{1+x}-\sqrt{1-x}}{x}\right)^r = F\left(\frac{r}{4}, \frac{r}{4}+\frac{1}{2}, \frac{r}{2}+1; x^2\right).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme.* Note [1] de M. **M. Lavrentieff**, transmise par M. Hadamard.

Le but de cette Note est de considérer quelques questions liées à la correspondance des frontières dans une représentation conforme. Pour les démonstrations, nous nous servons du principe simple suivant.

Soient D et D′ deux domaines limités par deux courbes simples fermées de Jordan Γ et Γ′; supposons que: 1° D′ est contenu dans D et 2° Γ et Γ′ ont un arc commun $\overset{\frown}{a_1 b_1}$. Faisons les transformations conformes des domaines D et D′ sur le cercle $|w|<1$, telles qu'au point $w=0$ corresponde le même point dans D et D′. Soient $\overset{\frown}{\alpha\beta}$ et $\overset{\frown}{\alpha'\beta'}$ les arcs de la circonférence $|w|=1$ qui correspondent, d'après ces transformations, à l'arc $\overset{\frown}{ab}$ qui est contenu dans $\overset{\frown}{a_1 b_1}$. Alors, dans ces conditions, la longueur de l'arc $\overset{\frown}{\alpha'\beta'}$ est inférieure ou égale à la longueur de l'arc $\overset{\frown}{\alpha\beta}$. L'égalité peut se présenter dans le seul cas où D est identique à D′ [2].

Voici des applications de ce principe :

1. Théorème I. — *Soient* D *et* D′ *deux domaines limités par deux courbes,* Γ *et* Γ′, *simples, fermées et de courbures bornées. Dans ces conditions si nous faisons la représentation conforme de* D *sur* D′, *le rapport des arcs correspondants de* Γ *et* Γ′ *est borné* [3].

Par des raisonnements tout semblables on peut démontrer cette autre proposition :

---

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) Ce principe se trouve implicitement dans un Mémoire de M. P. Montel, *Sur la représentation conforme* (*Journ. de Math.*, 7e série, **3**, 1917, p. 31-32).

(3) Cette proposition est une généralisation d'un théorème de M. Lichtenstein (*Zur konformen Abbildung einfach zusammenhängender schlichter Gebiete* (*Arch. d. Math. u. Phys.*, 25, 1917, p. 179-180), d'après lequel, dans les hypothèses que Γ a une courbure continue et que Γ′ est une circonférence, on peut affirmer que le rap-

THÉORÈME II. — *Soient* D *et* D′ *deux domaines limités par des courbes*, Γ et Γ', *simples, fermées et ayant des tangentes qui varient d'une manière continue. Alors, si nous faisons la représentation conforme de* D *sur* D′ *et désignons par* δ *et* δ' *les longueurs des arcs correspondants de* Γ *et* Γ', *nous aurons*

$$K_1\delta^{1-\varepsilon} > \delta' > K_2\delta^{1+\varepsilon},$$

où ε *est un nombre positif fixe quelconque,* K_1 *et* K_2 *sont des constantes qui dépendent de* ε.

De plus, on peut construire deux domaines qui vérifient les conditions du théorème II et tels que la limite inférieure et la limite supérieure du rapport $\frac{\delta'}{\delta}$ seront respectivement o et ∞.

2. Posons les définitions suivantes :

DÉFINITION I. — Soit D un domaine simplement connexe quelconque. Nous appelons *distance relative* entre deux points z_1 et z_2 intérieurs à D la limite inférieure des longueurs des polygones contenues dans D et joignant z_1 et z_2. Nous désignons cette distance par $d_r(z_1, z_2)$. Nous appelons *distance relative* entre le point z_1, intérieur à D, et le point z_2, appartenant à la frontière de D, le nombre $d_r(z_1, z_2) = \liminf_{z \to z_2} d_r(z_1, z_2)$, z tendant vers z_2 en restant dans D.

DÉFINITION II. — Nous disons que le point z_0 de la frontière de D est *atteint* (inatteint) *par un chemin fini*, si la distance relative entre un point quelconque z_1 intérieur à D et le point z_0 est finie (infinie).

Cela posé, soit D un domaine simplement connexe d'aire égale à 1 et soit F la frontière de D. Faisons la transformation conforme de D sur le cercle $|w| < 1$. Soit $w = f(z)$ la fonction qui réalise cette transformation. Nous supposons que $f(z_0) = 0$, alors :

THÉORÈME I. — *On a* $1 - |f(z)| < \frac{K_1}{\rho}$ *pour chaque valeur de* z, $d_r(z_0, z) > \rho$, *où* K_1 *est une constante* absolue, ρ *un nombre* positif *quelconque.*

THÉORÈME II. — *L'aire de l'ensemble des points du cercle* $|w| < 1$ *qui cor-*

---

port des arcs correspondants est, à un facteur constant près, plus petit que le module du logarithme de l'arc de Γ.

La démonstration de notre théorème est une application simple du principe indiqué et du lemme géométrique suivant : *Si* Γ *est une courbe simple fermée et à courbure bornée, il existe toujours un nombre positif* ρ *tel que chaque circonférence de rayon plus petit que* ρ *coupe* Γ *au plus en deux points.*

respondent aux points de D *où* $d_z(z_0, z) > \rho$ *est plus petite que* $\frac{K_2}{\rho^2}$, K_2 *étant une constante absolue.*

THÉORÈME III. — *La mesure de l'ensemble des points de la circonférence* $|w| = 1$ *qui correspondent aux points* z *de* F *où* $d_z(z_0, z) > \rho$ *est plus petite que* $\frac{K_3}{\rho}$, K_3 *étant une constante absolue.*

Comme conséquence du théorème III nous obtenons immédiatement le

COROLLAIRE. — *Dans une représentation conforme de* D *sur un cercle il correspond à l'ensemble des points de* F *inatteints par des chemins finis un ensemble de mesure* nulle *de la circonférence.*

D'après un théorème de MM. Lusin et Priwaloff (1) on déduit du corollaire un nouveau cas d'unicité des fonctions analytiques.

THÉORÈME D'UNICITÉ. — *Deux fonctions analytiques, holomorphes dans un domaine jordanien* D *et prenant les mêmes valeurs en chaque point de la frontière de* D *qui est atteint par un chemin fini, sont identiques.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes représentées par un développement de Taylor à coefficients rationnels.* Note (2) de M. **SPYRIDION SARANTOPOULOS**, présentée par M. Émile Borel.

1. M. Borel dans un Livre (3) de sa belle Collection de Monographies sur la théorie des fonctions, donne une application importante de quelques résultats qui sont dus à M. Hadamard (4). Ces résultats intéressants concernent les fonctions méromorphes qui sont représentées par un développement de Taylor. M. Borel démontre le théorème suivant :

Une fonction méromorphe dans un cercle de rayon supérieur à l'unité ne saurait être représentée dans ce cercle par un développement de Taylor à coefficients entiers sans se réduire au quotient de deux polynomes à coefficients entiers (5).

2. Le théorème de M. Borel n'épuise pas la question relative. On peut y aller plus loin et déterminer d'une manière plus complète la forme de la fonction méromorphe donnée par un développement de Taylor à coeffi-

(1) N. LUSIN et Z. PRIWALOFF, *Sur l'unicité et multiplicité des fonctions analytiques* (*Annales scient. de l'École Normale supérieure*, 42, 1925, p. 164).

(2) Séance du 7 juin 1927.

(3) *Leçons sur les fonctions méromorphes*, 1903, p. 32-38.

(4) *Essai sur l'étude des fonctions données par le développement de Taylor* (*Journal de M. Jordan*, 8, 1892, p. 101).

(5) Voir BOREL, *Bulletin des Sciences mathématiques*, 18, 1894, p. 22.

cients rationnels. En effet, il y a des cas différents dans lesquels le rayon du cercle de méromorphie étant, soit supérieur, soit inférieur à *un*, la fonction méromorphe ne saurait qu'à se réduire au quotient de deux polynomes à coefficients entiers, ou bien à la somme d'un tel quotient (de deux polynomes à coefficients entiers) et d'une autre fonction à coefficients rationnels, holomorphe dans le cercle de méromorphie (ou bien dans un cercle plus grand que celui-là) et ayant sur ce cercle n'importe quelle espèce de singularités. On doit remarquer que la réciproque est vraie.

Ce sont ces questions qui font l'objet de nos recherches dans un Mémoire qui doit paraître bientôt.

3. Ici, nous nous contentons de communiquer deux théorèmes importants, dont l'un doit être considéré comme une généralisation du théorème ci-dessus de M. Borel et l'autre concernant le cas le plus général, montre la forme d'une fonction méromorphe dans un cercle de rayon quelconque, quand dans ce cercle son développement en série de Taylor est à coefficients rationnels. Voici ces théorèmes :

THÉORÈME I. — *Une fonction $f(z)$ méromorphe dans un cercle de rayon supérieur à l'unité ne saurait être représentée dans ce cercle par un développement de Taylor à coefficients rationnels* $\frac{b_0}{c_0} + \frac{b_1}{c_1} z^1 + \ldots + \frac{b_n}{c_n} z^n + \ldots$, *sans se réduire au quotient de deux polynomes à coefficients entiers, si* $c_n, c_{n+1}, \ldots,$ *satisfont à l'inégalité*

$$(1) \qquad c_n^1 c_{n+1}^2 c_{n+2}^3 \ldots c_{n+q-1}^q c_{n+q}^{q-1} \ldots c_{n+2q-2}^1 < M^n,$$

M *étant un nombre fixe et q aussi grand que l'on veut.*

Si l'on prend $c_n = 1$ pour toutes les valeurs de n, on retrouve la proposition ci-dessus de M. Borel.

Si c_n est égal à un polynome C_n fonction de n, à coefficients entiers d'un degré σ, la condition (1) est satisfaite. Plus généralement, si l'on a $c_n < M^{\frac{n}{q^2}}$, $c_n, c_{n+1}, \ldots,$ satisfont à une inégalité de la forme (1). Dans ces cas on peut appliquer le théorème précédent.

THÉORÈME II. — *Une fonction méromorphe dans un cercle de rayon* $\frac{1}{\rho}$ *quelconque ne saurait être représentée par un développement de Taylor à coefficients rationnels sans se réduire à la somme d'un quotient* $\varphi(z)$ *de deux polynomes à coefficients entiers et d'une fonction* $\Phi(z)$ *à coefficients rationnels, holomorphe dans un cercle de rayon* R *supérieur à* $\frac{1}{\rho}$.

Le rayon R a une limite inférieure, la quantité $\frac{1}{\rho}$. L'existence de cette

limite est bien justifiée de ce que, sur le cercle de méromorphie, $f(z)$ peut avoir des pôles à mêmes temps que d'autres points singuliers. Alors la fonction $\varphi(z)$ pourrait ne pas avoir d'autres points singuliers que les pôles de $f(z)$, $\Phi(z)$ ayant tous les autres points singuliers de $f(z)$. C'est ainsi par exemple pour la fonction

$$f(z) = \frac{1}{1-2z} + \frac{1}{1-z} - e(1-z),$$

qui est méromorphe dans le cercle de rayon un. Son développement en série de Taylor est

$$f(z) = \sum \left(2^n + 1 + \frac{1}{n}\right) z^n.$$

Les fonctions $\varphi(z)$ et $\Phi(z)$ auxquelles $f(z)$ se décompose ,sont

$$\varphi(z) = \Sigma(2^n+1)r^n, \qquad \Phi(z) = \sum \frac{z^n}{n}.$$

La réciproque du théorème II est vraie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété des fonctions méromorphes à l'intérieur d'une ligne de module constant* (¹). Note (²) de M. **Martin Ålander**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans une certaine région A, et B une portion simplement connexe de cette région limitée par une ligne de module constant $|f(z)| = C$. Cela posé, on a la proposition suivante :

(¹) Sur le sujet de cette Note, on consultera les travaux suivants :

I. F. de Boer, *Extension du théorème de Rolle* (*Archives néerlandaises des Sc. exactes et naturelles*. **19**, 1884, p. 207-240).

II. H. M. Macdonald, *On zeros of Bessel functions* (*Proceedings London Math. Soc.*, **29**, 1898, p. 110-115).

III. Ch.-J. de la Vallée Poussin, *Sur les relations qui existent entre les racines d'une équation algébrique et celles de sa dérivée* (*Annales Soc. sc. de Bruxelles*, **26**, 1901, p. 1-12).

IV. Whittaker et Watson, *A course of Modern Analysis*, 3ᵉ édition, 1920 (et les éditions antérieures).

V. G. N. Watson, *A Problem of Analysis situs* (*Proceedings London Math. Soc.*, 2ᵉ série, **15**, 1916, 227-242).

VI. Fr. Lange, Nielsen, *Sur une généralisation du théorème de Rolle* (*Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 922-924).

VII. M. Ålander, *Ueber eine Eigenschaft einer meromorphen Funktion innerhalb einer Niveaulinie* (*Norsk mathematisk tidsskrift*, **8**, 1926, p. 52-62).

(²) Séance du 7 juin 1927.

Toute branche fermée simple d'une ligne de module constant, qui embrasse p zéros de la fonction $f(z)$, embrasse p — 1 zéros de sa dérivée.

Les auteurs (I-VI) ont été conduits à ce théorème indépendamment les uns des autres. Pour les polynomes, M. F. de Boer (I) a donné une démonstration géométrique et une autre moyennant la surface de Riemann de la fonction inverse. Les deux méthodes sont applicables à une fonction quelconque, qui admet dans son domaine d'holomorphie des lignes de module constant fermées. On doit à M. Watson la démonstration la plus simple (IV, p. 121, V). J'ai signalé (VII) que la proposition en question se laisse généraliser de la manière suivante :

Soit $f(z)$ une fonction méromorphe à l'intérieur d'une ligne de module constant fermée simple $|f(z)| = C$.

Si la ligne C embrasse p zéros de $f(z)$ (distribués en α points distincts, $\alpha \leqq p$) et q pôles (distribués en β points distincts, $\beta \leqq q$), elle embrasse $p + \beta - 1$ zéros de la dérivée $f'(z)$. (Ce dernier nombre est donc indépendant de la multiplicité des pôles.)

Pour la démonstration, je vais utiliser la méthode de M. Watson.

2. En désignant par p' et q' le nombre des zéros et des pôles de $f'(z)$ à l'intérieur de C, on a d'abord

$$q' = q + \beta.$$

Nous allons montrer que l'expression

$$I \equiv \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f'(z)}{f(z)}\,dz - \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f''(z)}{f'(z)}\,dz,$$

qui est égale à $p - q - (p' - q')$, a aussi pour valeur l'unité (ce qui donne la relation cherchée $p' = p + \beta - 1$). Sur C, on a en effet

$$f(z) = Ce^{i\Phi}, \qquad f'(z) = Ce^{i\Phi}\, i\frac{d\Phi}{dz}, \qquad f''(z) = Ce^{i\Phi}\left\{ i\frac{d^2\Phi}{dz^2} - \left(\frac{d\Phi}{dz}\right)^2 \right\}.$$

Au moyen de ces formules, on trouve

$$I = -\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{\dfrac{d^2\Phi}{dz^2}}{\dfrac{d\Phi}{dz}}\,dz = -\frac{1}{2\pi i}\left[\log\frac{d\Phi}{dz}\right]_C.$$

Si s est la longueur d'arc de C, on aura

$$\log\frac{d\Phi}{dz} \equiv \log\frac{d\Phi}{ds} + \log\frac{ds}{dz}.$$

En calculant la variation de cette expression le long de C, on voit d'abord que $\frac{d\Phi}{ds}$ revient à sa valeur initiale. Dans le second terme, on a $dz = e^{i\varphi} ds$, φ désignant l'angle qne fait la tangente à C au point z avec l'axe réel positif. Pour une courbe fermée simple on constate immédiatement que la variation de cet angle est égale à 2π, quand le point z décrit la courbe et revient à son point de départ. Comme on a $\log \frac{ds}{dz} = -i\varphi$, il en résulte $I = 1$. C. Q. F. D.

3. *Remarque I.* — A l'intérieur de C, $f'(z)$ admet $\alpha + \beta - 1$ zéros non confondus avec ceux de $f(z)$.

Remarque II. — Soient $f(z) = Re^{i\Phi}$ une fonction analytique et Γ une courbe quelconque telle que l'argument Φ varie toujours dans le même sens, lorsque le point z décrit la courbe Γ. (Il en est ainsi d'une ligne de module constant sans points multiples.) Si l'on a, par exemple, $\frac{d\Phi}{ds} > 0$, on a $\frac{dR}{dn} < 0$, n désignant la normale à gauche. Démonstration :

$$\frac{d\Phi}{ds} + \frac{1}{R}\frac{dR}{dn} = 0.$$

Remarque III. — A l'intérieur d'une ligne de module constant fermée simple, une fonction méromorphe ne peut pas admettre le même nombre de zéros et de pôles (remarque II).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le calcul* a priori *des vibrations de flexion et autres vibrations.* Note de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dès qu'il s'agit de pièces quelque peu compliquées, la prédétermination des fréquences de vibrations propres ne peut se faire que par des calculs approchés. Le but de cette Note est d'indiquer comment on peut mener ces calculs pour obtenir des valeurs *tantôt par défaut, tantôt par excès*.

2. *Calcul de la plus basse pulsation.* — Pour fixer les idées, plaçons-nous dans le cas des vibrations de flexion, en négligeant les couples d'inertie. On sait que ces vibrations sont régies par [1]

$$(1) \qquad y_s = \omega^2 \int_0^l \alpha_{sx} m_x y_x \, dx \qquad \text{ou} \qquad (EI_x y''_x)'' = m_x \omega^2 y_x$$

[1] Pour les notations, voir notre *Cours de Technique des Vibrations* édité par la *Revue de l'École Polytechnique de Bruxelles* (au Solbosch).

en sous-entendant l'effet des masses locales. Utilisons ces équations pour le calcul par approximations successives, à partir de y_{0x} arbitraire, au moyen de

(2) $$y_{ns} = \int_0^l \alpha_{sx} m_x y_{n-1\,x}\,dx \quad \text{ou} \quad (\mathrm{EI}_x y''_{nx})'' = m_x y_{n-1\,x}.$$

On sait que si les carrés des pulsations propres sont $\omega_1^2, \omega_2^2, \ldots$, rangés par ordre de grandeur croissante, on a

(3) $$\omega_1^2 = \lim \frac{y_{n-1\,x}}{y_{nx}} \quad \text{pour} \quad n \to \infty$$

pour toute valeur de x. En pratique, on se limite aux valeurs obtenues pour $n = 1$ ou 2, sans que l'on sache le sens de l'approximation.

D'après un théorème de Lord Rayleigh, les quotients

(4) $$\frac{\int_0^l m_x y_x^2\,dx}{\int_0^l \int_0^l m_x m_s \alpha_{xs} y_x y_s\,dx\,ds} \quad \text{et} \quad \frac{\int_0^l (\mathrm{EI}\,y''_x)'' y_x\,dx}{\int_0^l m_x y_x^2\,dx}$$

ont la valeur *minimum* ω_1^2 qu'ils atteignent quand y_x est la solution de (1) correspondant à $\omega^2 = \omega_1^2$. En introduisant dans (4) une expression approchée de y_x, on aura donc des valeurs de ω_1^2 *par excès*. On peut se servir comme expression approchée d'une des approximations y_{nx}, les formules (4) donnent alors, en vertu de (2),

(5) $$p_n = \frac{\int_0^l m_x y_{nx}^2\,dx}{\int_0^l m_x y_{nx} y_{n+1\,x}\,dx} \quad \text{et} \quad q_n = \frac{\int_0^l m_x y_{n-1\,x} y_{nx}\,dx}{\int_0^l m_x y_{nx}^2\,dx}.$$

On a dès lors, tout au moins à partir d'un certain rang $n-1$,

(6) $$\omega_1^2 < \ldots < q_n < p_{n-1} < q_{n-1} < p_{n-2},$$

ces inégalités résultant de l'inégalité bien connue de Schwarz.

Pour obtenir des limites *inférieures* de ω_1^2, on se sert des traces successives du noyau $\alpha_{sx} m_x$. On a, les nombres ω_i^2 étant positifs et distincts,

(7) $$\mathrm{A}_n^{-\frac{1}{n}} < \mathrm{A}_{n+1}^{-\frac{1}{n+1}} < \ldots < \omega_1^2.$$

En pratique, il suffit, la plupart du temps, d'utiliser les inégalités

(8) $$\mathrm{A}_1^{-1} < \mathrm{A}_2^{-\frac{1}{2}} < \omega_1^2 < q_1 < p_0.$$

3. *Calcul de la deuxième pulsation.* — Nous pouvons nous servir des résultats précédents en substituant aux équations (1), les équations

$$(9)\quad z_{xs}=\lambda\int_0^l\int_0^l \mathrm{K}(x,s;u,v)\,z_{uv}\,du\,dv \quad \text{ou} \quad \frac{\partial^4}{\partial x^2\,\partial s^2}\left(\mathrm{EI}_x\,\mathrm{EI}_s\frac{\partial^4 z}{\partial x^2\,ds^2}\right)=m_x m_s \lambda z,$$

avec

$$(10)\quad \mathrm{K}(x,s;u,v)=\frac{1}{2}m_u m_v\begin{vmatrix}\alpha_{xu} & \alpha_{xv}\\ \alpha_{su} & \alpha_{sv}\end{vmatrix},$$

qui ont pour nombres fondamentaux $\lambda_{ij}=\omega_i^2\omega_j^2$ avec $i\neq j$. La solution correspondant à A_{ij} est $z=\varphi_i(x)\,\varphi_j(s)-\varphi_i(s)\,\varphi_j(x)$ où φ_i est la solution de (1) pour $\omega^2=\omega_i^2$.

La formule de récurrence des approximations successives est ici

$$(11)\quad z_{nxs}=\int_0^l\int_0^l \mathrm{K}z_{n-1uv}\,du\,dv \quad \text{ou} \quad \frac{\partial^4}{\partial x^2\,\partial s^2}\left(\mathrm{EI}_x\,\mathrm{EI}_s\frac{\partial^4 z_n}{\partial x^2\,\partial s^2}\right)=m_x m_s z_{n-1}.$$

On y satisfait en posant

$$(12)\quad z_{nxs}=\begin{vmatrix}y_{nx} & y_{ns}\\ y_{n+1x} & y_{n+1s}\end{vmatrix}.$$

On a, dès lors, conformément à (3),

$$(13)\quad \omega_1^2\,\omega_2^2=\lim\frac{z_{n-1xs}}{z_{nxs}} \quad \text{pour } n\to\infty,$$

pour toutes valeurs de x et s; mais pour $x=s$, l'expression (13) prend la forme $\frac{0}{0}$. La règle de L'Hospital nous conduit à faire le rapport des dérivées quatrièmes; nous retrouvons une formule de M. Hadamard

$$(14)\quad \omega_1^2\,\omega_2^2=\lim\frac{y_{n-1x}^2-y_{nx}y_{n-2x}}{y_{nx}^2-y_{n+1x}y_{n-1x}} \quad \text{pour } n\to\infty.$$

Pour obtenir des bornes du produit $\omega_1^2\omega_2^2$, on se servira de formules analogues aux formules (5), comportant cette fois des doubles intégrations, ainsi que des traces du noyau (10). *Le procédé s'étend aux pulsations suivantes.*

HYDRAULIQUE. — *La force des marées peut être assouplie aux besoins des secteurs.* Note (1) de M. **André Defour**, présentée par M. Rateau.

Le 3 janvier 1921 j'ai présenté un système d'utilisation des marées imaginé pour obtenir une énergie invariable au cours d'une marée.

Rappelons que ce système consiste dans l'emploi de deux bassins travaillant tous deux alternativement à l'alimentation et à la vidange, en quatre temps (2).

Le bassin principal fonctionnait parallèlement à la montée du flux et à la descente du reflux, le bassin auxiliaire pendant les deux périodes succédant immédiatement les étales de la marée.

Au cours des études faites depuis lors pour la mise en exploitation de ce cycle, des difficultés ont été rencontrées qui m'ont poussé à le modifier de la façon suivante :

Pour que la courbe du diagramme de l'énergie qu'il peut produire épouse sensiblement celle de la charge du secteur, je ne fais plus travailler le réservoir auxiliaire qu'à la vidange et cela en deux périodes, ce qui donne plus d'aise dans le temps des phases.

Pour ne plus dépendre des ensablements, la vidange du bassin principal ne se fait plus, comme dans le cycle primitif, jusqu'à l'étale inférieure; elle n'atteint tout au plus que le niveau correspondant approximativement aux fonds ensablés des baies, et le moment de cette opération peut être modifié à volonté.

Quelques modifications que nous allons envisager peuvent être apportées à ce tracé pour que l'énergie s'assouplisse aux besoins du secteur, au fur et à mesure de sa production.

Le potentiel d'énergie du bassin auxiliaire peut intervenir dans les moments propices et cela dans la proportion voulue pour compléter les pointes d'énergie que l'on est appelé à produire, ou bien pour améliorer celles permises par le réservoir principal en faisant bénéficier une phase au détriment de l'autre, et réciproquement. Toutes ces facilités assurent une élasticité qui permet d'assouplir l'énergie à tout instant aux besoins des secteurs.

Il est à remarquer également que le nouveau cycle assure une hauteur

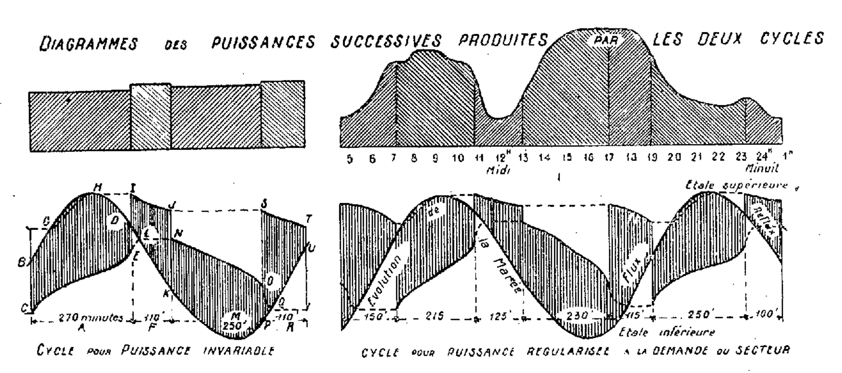
---

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) *Le Génie civil*, 79, 30 juillet 1921, p. 102.

de chute minimum au moment des mortes eaux, plus favorable dans la proportion du tiers au quart de la hauteur d'amplitude.

Le cycle représenté à droite de la figure est étudié pour donner suite à la



A gauche de la figure, tracé du nouveau cycle calculé au préalable pour produire une puissance invariable au cours d'une marée.

1re phase : en A le bassin principal travaille à l'alimentation sous les chutes débutant en B-C et se terminant en D-E.

2e phase : en F le bassin auxiliaire, qui a fait son plein d'eau de G à H, travaille à la vidange vers la mer, produisant les chutes de L-D à J-K. Au début de cette phase le bassin principal a fait son plein vers la mer de E à L.

3e phase : en M, le bassin principal travaille à la vidange vers la mer, produisant les chutes de N-K à O-P. Ce réservoir se vidange alors vers la mer de O à Q.

4e phase (dernière) : en R le réservoir auxiliaire se vidange une seconde fois vers la mer en déterminant les chutes de S-P à T-U. Les niveaux de la mer et des réservoirs se trouvent alors à la même hauteur qu'au début du cycle.

charge habituelle réclamée par les secteurs en formant, dans cet exemple, une pointe de 6 heures et demie à 11 heures et une autre de 13 heures et demie à 19 heures.

Un tableau ci-après donne la répartition des diverses énergies annuelles pour le cas particulier de la baie de Rotheneuf, et montre que, malgré les insuffisances des mortes eaux, par l'emploi de ce cycle, le secours réclamé pour la régularisation au secteur ne s'élève qu'à 33 pour 100 de la production totale de l'usine marémotrice alors que le cycle primitif en nécessitait 50 pour 100.

Répartition par hauteur de marées échelonnées des énergies diverses récupérées à Rotheneuf.

Amplitude.	Nombre de marées annuelles de cette amplitude.	Puissance produite.		Secours demandé.		Charge du secteur.		Excédents électrochimie.	
		Moy. par marée.	Totale annuelle.	Moy. par marée.	Totale annuelle.	Moy. par marée.	Totale annuelle.	Moy. par marée.	Totale annuelle.
3,50									
5,10	68	1050	11400	2565	174420	3490	237320	125	8500
6,65	141	2000	282000	1950	274950	3800	535800	150	21150
8,35	142	3050	433100	1400	198800	4200	596400	250	35500
10,00	153	4200	542600	850	130050	4600	703800	450	68850
11,40	140	5400	756000	250	35000	5000	700000	650	91000
12,85	57	6300	359100	»	»	5300	302100	1000	57000
			2584200		813220		3075420		282000
			3357420				3357420		

L'énergie annuelle se répartit donc comme suit :

Énergie produite...........	2544000	CV marée	× 12,5	heures	= 31802500	CV/H
Secours....................	813220	»	× 12,5	»	= 10165250	»
Charge du secteur.........	3075420	»	× 12,5	»	= 38442750	»
Excédent électrochimie.....	282000	»	× 12,5	»	= 3525000	»
La production totale grâce au secours est donc de........					41967750	»

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les figures d'équilibre relatif d'une masse liquide en rotation, à attraction newtonienne entre ses particules et à tension superficielle.* Note [1] de M. **André Charrueau**, présentée par M. d'Ocagne.

1. Énonçons un théorème applicable aux masses d'un seul tenant, fermées, *de révolution ou non*, libres, en rotation uniforme dans un milieu à pression constante, soumises à la tension superficielle et dont les particules s'attirent suivant une loi newtonienne. Leur surface libre satisfait à l'équation intégro-différentielle

$$\left(P + \frac{\omega^2 x^2}{2}\right)\delta - f\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) = \text{const.} \tag{1}$$

et l'*on peut établir la formule suivante :*

$$\frac{5}{3}\left(W + \frac{\omega^2}{2} J\right) - \frac{2}{3} f\Omega = V\dot{U}_0; \tag{2}$$

(1) Séance du 7 juin 1927.

ω, δ, f, Ω, V, J sont la vitesse, la densité, la tension superficielle, l'aire de la surface libre, le volume de la masse liquide et son moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation; W est l'énergie potentielle de la masse $\left(W = \chi \sum \frac{m_i m_j}{r_{ij}}\right.$ où χ est la constante de l'attraction$\Big)$; U_0 est la valeur constante qu'a, sur la surface libre, le membre de gauche de (1); P est le potentiel dû à la masse liquide $\left(P = \chi \sum \frac{m}{r}\right)$; R et R' sont les rayons de courbure principaux de la surface libre, en un point distant de x de l'axe de rotation, rayons comptés positivement quand le centre de courbure correspondant est du côté du plan tangent occupé par le liquide.

Cette formule (2) est une extension d'une formule donnée par Poincaré, pour les masses soumises uniquement à l'attraction newtonienne entre leurs particules.

2. Dans une Note précédente [1], nous avons montré que, pour des vitesses ω suffisamment petites et à des quantités de l'ordre de ω^4 près, un ellipsoïde de révolution satisfait à (1). Nous allons, ici, étendre ce résultat et, toujours pour des vitesses suffisamment petites, déterminer une surface de révolution, renfermant un volume égal à celui de la masse $\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)$ et satisfaisant à (1), le tout aux quantités de l'ordre de ω^6 près. Considérons la surface de révolution dont le méridien est défini par

(3) $$\frac{x}{R} = a \cos\varphi, \qquad \frac{y}{R} = b \sin\varphi + c \sin^3\varphi,$$

l'axe des y étant l'axe de rotation et a, b, c étant de la forme

(4) $$\begin{cases} a = 1 + a_1\omega^2 + a_2\omega^4, \\ b = 1 + b_1\omega^2 + b_2\omega^4, \\ c = \qquad\qquad c_2\omega^4. \end{cases}$$

L'équation du volume s'écrit

(5) $$a^2\left(\frac{b}{3} + \frac{c}{5}\right) = \frac{1}{3}.$$

Posons

$$\alpha = \pi\chi\delta, \qquad \beta = \frac{f}{R^3\delta}.$$

---

[1] Charrueau, *Sur une figure d'équilibre, de révolution, d'une masse en rotation, à attraction newtonienne et à tension superficielle* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 961 à 963 et 1140).

On démontre, d'abord, qu'au degré d'approximation considéré, $\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}$ est un polynome du second degré en $\sin^2 \varphi$. De même, à ce degré d'approximation, le potentiel, sur la surface (3), de la masse renfermée dans (3) est un polynome du second degré en $\sin^2 \varphi$; pour le voir on calcule d'abord le potentiel, sur (3), dû à l'ellipsoïde correspondant à $c = 0$; puis, *à l'aide des fonctions sphériques*, on détermine le potentiel dû à la mince couche ellipsoïdale correspondant au coefficient c. Dans toutes ces expressions, on arrête les développements des coefficients des puissances de $\sin \varphi$ à leurs termes en ω^4. Portant, dans (1), les expressions en ω et $\sin \varphi$, de P, x^2, $\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}$ et, dans (5), les valeurs (4) et identifiant à zéro, on obtient, par un assez long calcul, les valeurs ci-après qui résolvent le problème :

$$a_1 = \frac{5}{8(2\alpha + 15\beta)}, \qquad b_1 = \frac{-5}{4(2\alpha + 15\beta)};$$

$$a_2 = \frac{5(740\alpha^2 + 16548\alpha\beta + 59535\beta^2)}{448(2\alpha + 15\beta)^3(4\alpha + 81\beta)};$$

$$b_2 = \frac{5(-1280\alpha^2 + 11046\alpha\beta + 246645\beta^2)}{896(2\alpha + 15\beta)^3(4\alpha + 81\beta)};$$

$$c_2 = \frac{-18225\beta}{128(2\alpha + 15\beta)^2(4\alpha + 81\beta)}.$$

Pour $\alpha = 0$ ou $\beta = 0$, on retrouve respectivement des résultats qu'on déduit, soit de notre étude des masses de révolution soumises uniquement à la tension superficielle, soit de la théorie des maclaurins.

La méthode exposée permet encore de déterminer une surface de révolution $\left(\text{avec un terme en } \omega^6 \text{ dans } a, b, c \text{ et un terme en } \omega^6 \sin^5 \varphi \text{ dans } \frac{y}{R}\right)$ satisfaisant à (1) et à l'équation du volume, aux quantités de l'ordre de ω^8 près. Les calculs effectifs sont longs.

Une transformation simple de ces résultats fait apparaître les premiers termes du développement de $\frac{y}{R}$ en série de Fourier en φ. Les coefficients de ces termes sont, eux-mêmes, exprimés par les premiers termes de leurs séries entières en ω.

ASTRONOMIE. — *Observations de l'éclipse de Soleil du 3 janvier 1927, à Buenos-Ayres (République Argentine).* Note (¹) de M. J. UBACH, présentée par M. Bigourdan.

Les observations ont été faites au Séminaire de Villa Devoto (un des faubourgs de Buenos-Ayres) à l'aide de l'équatorial héliophotographique Zeiss, du même Séminaire, de $0^m,13$ d'ouverture, donnant sur des plaques 18×24 une image du Soleil de $0^m,16$ de diamètre. On disposait aussi d'un chronomètre, dont la marche fut contrôlée tous les jours, pendant 2 semaines, par l'échange de signaux avec le Bureau de Géodésie de l'Institut Géographique Militaire.

Par un ciel très serein, que pas le moindre de nuage n'est venu troubler, on prit deux séries de douze photographies, à une demi-minute d'intervalle, puis neuf séries de six et enfin une de seize, en somme 94 photographies.

Après avoir écarté celles qui étaient trop faibles, ou qui ne présentaient pas la corde luni-solaire complète, on disposa de 81 photographies utiles, sur lesquelles la corde fut soigneusement mesurée.

Ces 81 mesures, auxquelles on ajouta les observations directes des deux contacts, ont fourni les données d'une longue étude, consistant essentiellement dans la comparaison des longueurs de la corde, calculées pour l'instant de chaque observation, avec les longueurs réelles photographiques, réfraction corrigée. A la base des calculs étaient les positions tirées des Éphémérides de la *Connaissance des Temps;* on a eu égard aussi aux corrections empiriques.

Les équations fournies par la comparaison ont été traitées par la méthode des moindres carrés. Finalement j'ai obtenu pour la position et le demi-diamètre de la Lune les corrections suivantes :

Pour l'ascension droite	$-0^s,13$
Pour la déclinaison	$+21'',8$
Pour le demi-diamètre	$-1'',9$

Je fus tout d'abord frappé de la forte correction de la déclinaison, mais elle n'est pas douteuse : des vérifications diverses et indépendantes ont prouvé que les calculs étaient exacts ; je ne rapporterai ici que les deux suivantes :

(¹) Séance du 7 juin 1927.

1. La photographie de la plus grande phase montrait un croissant lumineux, mince, de 67″. Or, d'après la prédiction fondée sur les données des Éphémérides, la phase maximum devait être de 0,977, soit 45″. Donc une déviation est manifeste de 22″ vers le Nord (Buenos-Ayres était située au sud de la zone de centralité).

2. Dans les données par le calcul des cordes j'introduisis les corrections empiriques signalées dans les Éphémérides, excepté une cependant, celle d'Oudemans; partant je pris le demi-diamètre plus fort de 1″,7 qu'il ne fallait. Or, les résultats définitifs signalent précisément une correction de — 1″,9 à faire au demi-diamètre. Donc des erreurs ne s'étaient pas glissées dans les calculs, et par suite les autres corrections doivent être acceptées.

L'étude détaillée sera publiée dans un autre Recueil.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la résistance électrique théorique au contact de deux sphères conductrices élastiques, abstraction faite de la couche de passage.* Note [1] de MM. **Robert Esnault-Pelterie** et **Osée Marcus**, présentée par M. Léon Guillet.

Pour se guider dans certaines recherches métallurgiques, l'un de nous a eu besoin d'évaluer la résistance théorique qu'oppose au passage d'un courant l'étranglement au point de contact de deux sphères conductrices.

Pour cela nous considérons un espace indéfini rempli d'une manière homogène et isotrope de résistivité ρ séparée en deux portions A et B par un plan indéfini parfaitement isolant. Dans ce plan, une ouverture circulaire C met en communication électrique les deux régions A et B. Cet espace est supposé traversé par un courant d'intensité I qui se propage depuis l'infini du côté A jusqu'à l'infini du côté B en passant à travers l'orifice C.

Une famille de surfaces équipotentielles peut être constituée par des ellipsoïdes aplatis (E) dont les ellipses génératrices ont pour foyers les extrémités d'un diamètre du cercle de contact, et dont l'axe de révolution est l'axe normal au centre de ce cercle. Les lignes de courant sont les hyperboles (H) homofocales avec les ellipses génératrices.

Nous appelons par définition résistance au point de contact des deux régions A et B la résistance entre deux demi-sphères de rayon infini.

---

[1] Séance du 7 juin 1927.

Nous choisissons comme surfaces coordonnées le système triple formé par les ellipsoïdes homofocaux (E), les hyperboloïdes à une nappe dont les génératrices sont les hyperboles (H) et le faisceau de plans passant par un axe normal au centre du cercle de contact.

Dans ce système, chaque ellipsoïde, chaque hyperboloïde et chaque plan est respectivement caractérisé par l'une des équations

$$(1)\quad \lambda = \text{const.},\qquad (2)\quad \mu = \text{const.}\qquad \text{et}\qquad (3)\quad \theta = \text{const.}$$

où λ désigne le carré du demi-petit axe de l'ellipsoïde (E), μ celui du demi-axe imaginaire de l'hyperbole (H) et θ l'angle de l'un des plans du faisceau avec le plan choisi pour origine. Nous avons alors pour l'expression du laplacien d'une fonction φ des coordonnées la formule

$$(32)\quad \Delta\varphi \equiv \frac{4c\sqrt{\lambda\mu}}{\lambda+\mu}\left\{\frac{\partial}{\partial\lambda}\left(\frac{c^2+\lambda}{c}\sqrt{\frac{\lambda}{\mu}}\frac{d\varphi}{d\lambda}\right)+\frac{\partial}{\partial\mu}\left(\frac{c^2-\mu}{c}\sqrt{\frac{\mu}{\lambda}}\frac{\partial\varphi}{\partial\mu}\right)\right.$$
$$\left.+\frac{c}{4}\frac{\lambda+\mu}{(c^2+\lambda)(c^2-\mu)\sqrt{\lambda\mu}}\frac{\partial^2\varphi}{\partial\theta^2}\right\}.$$

Pour que les ellipsoïdes (E) puissent jouer le rôle de surfaces équipotentielles en régime permanent, il faut et il suffit que le potentiel V satisfasse simultanément aux équations

$$(33)\qquad \Delta V = 0,\qquad \frac{\partial V}{\partial\mu} = 0,\qquad \frac{\partial V}{\partial\theta} = 0,$$

c'est-à-dire

$$(35)\qquad (c^2+\lambda)\sqrt{\lambda}\frac{dV}{d\lambda} = A,$$

où A est une constante.

La densité de courant en chaque point a pour valeur

$$(40)\qquad J = \frac{2A}{\rho\sqrt{(c^2+\lambda)(\lambda+\mu)}}.$$

Le courant élémentaire dans un tube de base

$$(41)\qquad d\sigma = \frac{1}{2c}\sqrt{\frac{(\lambda+\mu)(c^2+\lambda)}{\mu}}\,d\mu\,d\theta$$

est

$$(43)\qquad dI = -\frac{A}{\rho c}\frac{d\mu}{\sqrt{\mu}}\,d\theta,$$

qui par intégration étendue au demi-ellipsoïde donne pour le courant

total

(44) $$I = -4\pi\frac{A}{\rho},$$

d'où

(48) $$dR = \frac{dV}{I} = \frac{\rho}{4\pi}\frac{d\lambda}{(c^2+\lambda)\sqrt{\lambda}}$$

et, en intégrant de λ_1 à λ_2,

(52) $$R_{\lambda_1}^{\lambda_2} = \frac{\rho}{2\pi c}\left[\operatorname{arctang}\frac{\sqrt{\lambda_2}}{c} - \operatorname{arctang}\frac{\sqrt{\lambda_1}}{c}\right],$$

cette intégration effectuée de $-\infty$ à $+\infty$ donne

(54') $$R_{-\infty}^{+\infty} = \frac{\rho}{2c},$$

montrant que la résistance due à l'étranglement est inversement proportionnelle au diamètre du cercle de contact.

Si l'on veut voir comment varie R à partir de l'orifice, il faut faire $\lambda_1 = 0$ et (52) devient

(57) $$R_0^{\lambda_2} = \frac{\rho}{2\pi c}\operatorname{arctang}\frac{\sqrt{\lambda_2}}{c},$$

où $\sqrt{\lambda_2}$ est le rayon polaire de l'ellipsoïde considéré. Si ce rayon égale $20c$, c'est-à-dire seulement le décuple du diamètre de contact, la résistance est égale à 0,968 de R_{lim} montrant clairement que l'assimilation que nous nous sommes permise du contact entre deux sphères à celui entre deux plans est légitime en pratique.

Les mesures effectuées ont toujours donné des résultats supérieurs aux chiffres calculés et s'en rapprochant d'autant plus que les résistances parasites ont pu être éliminées, et le nettoyage des surfaces amélioré.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet Volta.* Note de M. **Emmanuel Dubois**, présentée par M. A. Cotton.

Plusieurs expérimentateurs ont pensé que l'effet Volta V entre deux électrodes métalliques était uniquement dû aux impuretés qui se trouvent à la surface des métaux. Ils ont tenté de supprimer ces impuretés par divers traitements, notamment le chauffage des électrodes dans le vide. Ils ont ainsi obtenu des variations très incohérentes de V. Or il est clair que le

chauffage simultané des deux électrodes ne permet d'observer sur V qu'un effet différentiel.

Il est bien plus simple de ne chauffer qu'une seule des électrodes, en veillant à ce que l'autre électrode reste identique à elle-même. Après refroidissement de l'électrode chauffée, on examine la variation de V obtenue.

Nous avons ainsi trouvé une loi expérimentale, qui, mise en évidence sur huit métaux différents, au cours de nombreuses séries d'expériences, peut être considérée comme générale :

Si l'on chauffe un métal dans le vide, on constate, après refroidissement, que le chauffage l'a rendu électronégatif, pourvu que ce chauffage ait été suffisamment prolongé et effectué à température suffisamment élevée.

Dans le tableau de mesures suivant, la première colonne donne en volts la différence de potentiel de Volta Cu/M mesurée entre une électrode de cuivre, inchangée au cours des mesures, et le métal M considéré. Les nombres sont obtenus après un séjour d'au moins 15 heures des électrodes dans le vide.

La deuxième colonne donne la même différence de potentiel après chauffage de M dans le vide. Ce chauffage a été poussé le plus près possible du point de fusion de M, sans cependant dépasser en aucun cas 1200°. Après refroidissement de M on a obtenu les nombres de la deuxième colonne.

Zn..........	+0,93	+0,24
Al..........	+0,96	+0,18
Ag..........	+0,22	−0,43
Au..........	−0,04	−0,37
Cu..........	+0,02	−0,31
Ni..........	+0,25	−0,29
Fe..........	+0,20	−0,61
Pt..........	−0,07	−0,26

La comparaison des nombres des deux colonnes montre que la variation obtenue est dans le même sens pour tous les métaux employés. Les valeurs obtenues après chauffage de M varient d'ailleurs avec le temps et se rapprochent lentement des valeurs initiales.

Il semble bien que ces variations de V obtenues après chauffage d'une électrode dans le vide proviennent de la disparition d'impuretés communes à tous les métaux. Nous recherchons actuellement la nature de ces impuretés.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur certaines particularités de la ferro-résonance, lorsque la résistance n'est pas négligeable.* Note de M. **Rouelle**, présentée par M. Paul Janet.

M. Boucherot a étudié la résonance du système constitué par une bobine de self-induction, à noyau de fer et de résistance négligeable, en série avec un condensateur, lorsqu'on applique à ses bornes une tension sinusoïdale ([1]). Il a montré que dans certaines conditions, deux régimes stables de courant sont possibles : l'un à forte intensité, déphasé en avance sur la tension, l'autre à faible intensité, déphasé en arrière; ce *dernier cessant d'exister lorsque la capacité devient inférieure à une valeur critique* C_1, qui dépend de la tension d'alimentation. Il a rappelé en outre une méthode d'étude graphique approximative, due à M. Bethenod, que M. Margand a étendue par la suite au cas où la résistance n'est pas négligeable, afin d'expliquer l'instabilité d'un troisième régime, théoriquement possible, que les expériences précédentes n'avaient pas révélé ([2]). Ce dernier auteur signalait enfin qu'il doit exister *une résistance critique* au delà de laquelle le régime à fort courant cesse d'exister.

J'ai entrepris, dans les conditions détaillées ci-après, l'étude expérimentale systématique du circuit constitué par une bobine à noyau de fer, en série avec un condensateur et une résistance ohmique, alimenté sous une tension sinusoïdale.

L'intensité du courant qui parcourt le système ainsi constitué dépend d'un grand nombre de paramètres : la valeur efficace U de la tension, sa pulsation ω, la capacité C, la résistance ohmique R, et deux autres grandeurs qui sont elles-mêmes des fonctions de l'intensité : la réactance S de la bobine et la résistance complémentaire (fictive) R_c (égale par définition au quotient de la puissance consommée dans la bobine et le condensateur. par le carré du courant).

On peut étudier les variations que subit le courant, lorsqu'on modifie l'un de ces paramètres, tous les autres étant maintenus constants.

C'est ce que j'ai réalisé dans diverses séries d'expériences, en faisant varier au cours de chacune d'elles l'un des quatre paramètres suivants faci-

---

([1]) Boucherot, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 725; *R. G. E.*, **7**, 22 mai 1920, p. 678, et **8**, 11 décembre 1920, p. 887.

([2]) F. Margand, *R. G. E.*, 9, 7 mai 1921, p. 635.

lement réglables : U, ω, C, R, les autres conservant leurs valeurs initiales que j'ai souvent modifiées d'ailleurs d'une expérience à l'autre. Selon les conditions initiales, l'intensité peut être une fonction uniforme ou multiforme du paramètre variable; je me bornerai à résumer les lois qui s'appliquent au second cas, caractérisé par le fait que dans un certain intervalle la fermeture de l'interrupteur peut provoquer, suivant l'instant de la période où il a lieu, l'établissement permanent de deux régimes distincts d'intensité.

Soit α le paramètre variable; l'étude systématique met en évidence *deux valeurs critiques* α_1 *et* α_2 pour lesquelles un des régimes cesse d'exister; ces valeurs dépendent évidemment de tous les paramètres maintenus constants. Si le régime à faible courant est d'abord établi et que α tende vers α_1, l'intensité subit au moment où il atteint cette valeur un accroissement discontinu et irréversible et s'établit en quelques périodes dans le régime à fort courant qui subsiste seul au delà de α_1; ce phénomène se produirait encore si la résistance totale était nulle. Lorsque α tend vers α_2 c'est l'inverse qui a lieu, si l'on part du régime à fort courant il se produit au moment où α atteint la valeur α_2 une diminution discontinue et irréversible de l'intensité qui s'établit en quelques périodes dans le régime à faible courant; ce phénomène entrevu par M. Margand n'avait pas encore été réalisé; il est caractéristique du système résistant.

J'ai pu, en faisant osciller α *entre* α_1 *et* α_2, *faire décrire au point de fonctionnement de coordonnées* (α, I) *un cycle fermé et irréversible sans qu'il soit nécessaire à aucun moment de manœuvrer l'interrupteur pour passer d'un régime à l'autre.*

Quel que soit le paramètre variable. la loi précédente est applicable; elle comporte toutefois une restriction dans le cas où ce paramètre est la résistance R; il n'existe une valeur R_1 positive, en dessous de laquelle le régime à faible courant cesse d'exister, que si la tension est supérieure à la valeur $U_{1,0}$ au-dessus de laquelle ce même régime disparaîtrait dans le cas d'une résistance nulle. De plus si le paramètre variable est l'une des trois autres grandeurs : U, ω, C, l'énoncé suppose que *la résistance ohmique maintenue constante n'est pas négligeable*, ou d'une façon plus générale que *la tension active totale* $R_t I = (R + R_c) I$ *est une fonction franchement croissante de l'intensité* (au moins à partir d'une intensité peu supérieure au régime à faible courant).

Cette dernière condition peut être satisfaite, en particulier, dans le cas où, la résistance ohmique en série R étant faible, le condensateur est shunté

par une résistance ohmique R′, ou bien présente des pertes diélectriques relativement élevées, comme un condensateur électrolytique ou un réseau de câbles souterrains.

D'après les auteurs précités, lorsque $R_t = 0$ le courant, dans le régime à forte intensité, est toujours déphasé en avance sur la tension d'alimentation, et la tension réactive U_S aux bornes de la self est inférieure à U_c aux bornes de la capacité. L'expérience montre qu'il en est encore ainsi lorsque la résistance ohmique R est négligeable. Si R n'est plus négligeable mais inférieur à une certaine limite le courant reste déphasé en avance, mais d'autant moins que α est plus voisin de α_2; toutefois *au moment où α va atteindre α_2 on a toujours $U_c < U_S$ et si la résistance est suffisamment grande les oscillogrammes montrent que le courant est à ce moment défini en arrière.* En même temps les limites α_2 et α_1 tendent l'une vers l'autre et finalement le régime intermédiaire instable disparaît, l'intensité devient fonction uniforme de α.

ONDES ÉLECTRIQUES. — *Sur les oscillations de Barkhausen obtenues avec des lampes françaises.* Note ([1]) de M. **E. Pierret**, présentée par M. A. Cotton.

En vue d'étudier la propagation des ondes très courtes, j'ai été amené à employer les oscillateurs de Barkhausen ([2]). Les premiers essais ont été faits avec un montage à une lampe, légèrement différent de celui de Gill et Morrell ([3]), pour lesquels le produit de la tension de grille V_g par le carré de la longueur d'onde λ_0 reste constant.

Pour avoir plus de puissance, j'ai étudié un dispositif à deux lampes, du genre de ceux décrits par Scheibe ([4]) et Mlle Grechowa ([5]), où le circuit de grille et le circuit de plaque sont constitués chacun par deux fils de Lecher et un pont mobile permettant l'accord. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les lampes Fotos et surtout avec les lampes à cornes Mesny (T. M. C.), dont le filament, plus gros, permet une émission électronique plus intense.

([1]) Séance du 7 juin 1927.

([2]) Barkhausen et Kurz, *Phys. Zeits.*, **21**, 1920, p. 1.

([3]) Gill et Morrell, *Phil. Mag.*, **44**, 1922, p. 161, et **49**, 1925, p. 369.

([4]) Scheibe, *Annal. der Phys.*, **73**, 1924, p. 54, et *Jahrbuch der drahtlos. Teleg.*, **27**, janvier 1926, p. 1.

([5]) M. T. Grechowa, *Zeits. f. Phys.*, **35**, 1925, p. 50, et **38**, 1926, p. 621.

L'intensité i_p du courant de plaque, lorsqu'on allonge le circuit de plaque l_p, en conservant au circuit de grille la plus petite longueur pour laquelle il est accordé, passe par des maxima qui semblent correspondre à des résonances, mais les courbes obtenues en portant en abscisses i_p, en ordonnées l_p, n'ont pas la forme des courbes de résonance; lorsque l_p décroît, la courbe croît d'abord régulièrement (phase stable), passe par un maximum, puis décroît brutalement (phase instable). La longueur d'onde décroît tout le long de la courbe, puis change brusquement lors du passage par les minima d'intensité du courant.

l_p (cm).........	50,5	43,5	41,5	39,2	37,5	36,5	35,5	33,5	32,5	31,5
i_p (mA).........	2	6	11	15	18	20	22 max.	20	11	3,5
$\frac{\lambda}{2}$ (cm)..........	»	23,2	22,9	22,7	22,4	22,2	22	21,5	»	21,1

l_p (cm).........	30,5	27,5	23,5	18,5	14,5	13,5	12	11,5	11
i_p (mA).........	3	3,5	4,9	12,5	21,5	22,5 max.	20	6,4	0,7
$\frac{\lambda}{2}$ (cm)..........	24,5	24,3	23,6	»	»	22	»	21,5	»

Le maximum d'intensité du courant oscillant coïncide généralement avec le maximum du courant de plaque; c'est la longueur d'onde correspondant à ce maximum que nous avons considérée comme la longueur d'onde *favorisée* λ_0.

Les courbes sont d'autant plus pointues que la tension de grille est plus élevée. Les distances des maxima de ces courbes coïncident avec la demi-longueur d'onde mesurée à ces maxima. La loi $\lambda_0^2 \times V_g$ ne se vérifie plus :

$$V_g = 38^V, \quad \lambda_0^2 V_g = 3,2 \times 10^5; \quad V_g = 300^V, \quad \lambda_0^2 V_g = 5,5 \times 10^5.$$

La courbe des maxima de i_p en fonction de V_g présente un maximum marqué vers 240^V (courant de chauffage $I_c = 4^A,6$).

Lorsque la tension de grille croît, la tension de plaque restant constante, les oscillations ne s'amorcent que pour des émissions électroniques plus intenses. Pour une tension de grille déterminée, il existe une tension de plaque telle que l'intensité du courant oscillant est maximum. Avec les lampes T. M. C., on augmente l'intensité du courant oscillant en abaissant la tension de plaque en même temps qu'on élève la tension de grille. La longueur d'onde favorisée varie très peu quand on augmente le courant de chauffage. Il a été possible d'obtenir des oscillations assez intenses, de 30^{cm} à 150^{cm} de longueur d'onde, sans employer des tensions de grille trop

élevées ni un chauffage exagéré, nuisibles à la durée des lampes. Ces oscillations ont donné, dans une ligne faiblement couplée à l'oscillateur, des courants de résonance produisant le même échauffement de la soudure thermo-électrique qu'un courant continu de 0,1 ampère.

Au cours des expériences, certaines anomalies ont été observées :

1° Des lampes de mêmes dimensions et même fabrication, placées dans des conditions identiques, n'oscillent pas avec la même facilité.

2° Lorsqu'on couple deux lampes en parallèle, il peut arriver que l'une d'elles, se trouvant dans de meilleures conditions, commande l'oscillation; la deuxième lampe subit une oscillation forcée; on peut diminuer son chauffage, l'éteindre ou même la remplacer par un condensateur de faible capacité sans que la longueur d'onde varie sensiblement; la puissance obtenue avec deux lampes est cependant beaucoup plus grande que le double de la puissance fournie par une seule lampe.

3° Si deux lampes sont telles qu'isolément, elles donnent des courants oscillants de même puissance, mais de fréquences légèrement différentes, ces deux lampes couplées peuvent osciller sur une fréquence plus élevée que la plus grande de leurs fréquences propres.

4° Avec une des lampes utilisées, nous avons trouvé des ondes de 18^{cm}, ne correspondant pas à un harmonique de l'onde normale; en déplaçant le pont du circuit de plaque de l'appareil, on observait deux maxima du courant de plaque; pour l'un, la demi-longueur d'onde était de $21^{cm},1$ (onde normale); pour l'autre, elle était de 9^{cm} (onde anormale); par conséquent, suivant les conditions imposées par le circuit extérieur, l'une ou l'autre des lampes déterminait la fréquence de l'oscillation.

5° D'autres lampes n'oscillaient qu'après un certain temps de chauffage; le refroidissement faisait disparaître les oscillations. Ce phénomène peut être expliqué par l'influence d'ions positifs provenant de traces de gaz dégagés par la grille portée au rouge.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques du chlorure et du sulfate de vanadyle et sur le moment atomique du vanadium tétravalent.* Note [1] de M. **Nicolas Perrakis**, présentée par M. Pierre Weiss.

Dans ce qui va suivre je me propose de faire connaître quelques résultats relatifs aux composés $V^2O^2Cl^4 + 5H^2O^2$ et $VOSO^4 + 3\frac{1}{2}H^2O$ chlorure et

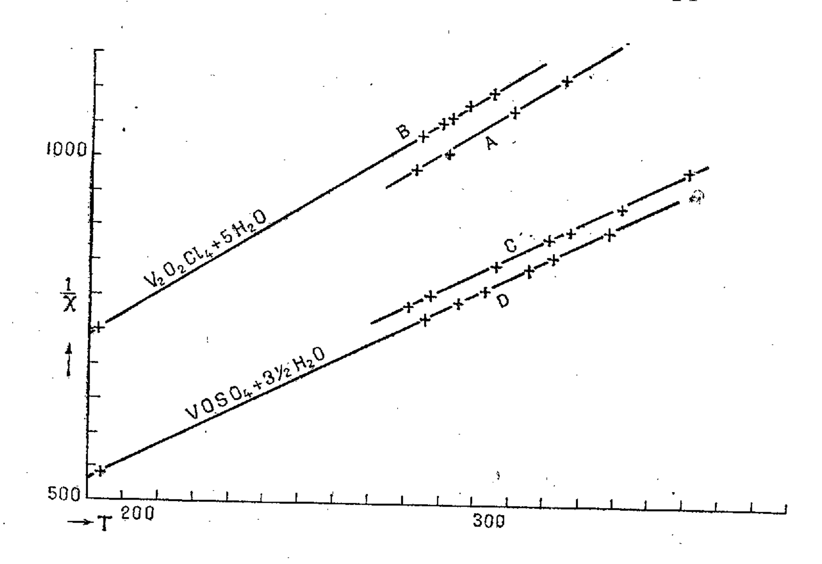
(1) Séance du 30 mai 1927.

sulfate de vanadyle, dans lesquels le vanadium est à l'état tétravalent.

I. $V^2O^2Cl^4 + 5H^2O$. — C'est un liquide visqueux, d'un vert foncé et de densité $D_{14°}^{14°} = 1{,}6165$. — Son coefficient d'aimantation atomique tiré d'une première série d'expériences a été trouvé égal à $+1016{,}9 \times 10^{-6}$ (à 10°C). Une autre série de mesures effectuées, à 45 jours d'intervalle, sur une nouvelle quantité de substance appartenant au même échantillon a donné un $\chi_v = +954{,}3 \times 10^{-6}$ (à 15°,8) :

L'étude thermique de la substance (l'intervalle de température exploré s'étend de $-79°$ à $+53°$C.) a montré que cette variation du coefficient d'aimantation n'est pas causée par un changement de moment mais qu'elle est due à un déplacement du point de Curie ([1]).

Les droites A et B du graphique ci-dessous, qui se rapportent aux deux



séries d'expériences (la droite B étant relative aux mesures les plus récentes), peuvent être représentées respectivement par deux équations du type de celle de Weiss $\chi(T - \theta) = C$.

$$\chi(T + 29{,}1) = 0{,}317 \quad \text{et} \quad \chi(T + 45{,}2) = 0{,}319.$$

On voit que, lors du passage de A en B, le point de Curie change

---

([1]) Le déplacement du point de Curie sans changement de moment a été fréquemment observé. Il se produit sous des influences minimes et est particulièrement marqué dans les deux composés du vanadium que j'ai étudiés.

de $-29°,1$ il devient égal à $-45°,2$), tandis que la constante de Curie reste pratiquement la même et par suite le moment atomique aussi.

La valeur de ce moment est de 7,94 magnétons de Weiss.

II. $VOSO^4 + 3\frac{1}{2}H^2O$. — Dans le cas du sulfate de vanadyle (poudre bleue) on observe aussi un déplacement du point de Curie non accompagné de changement de moment.

Ainsi deux séries de mesures, que traduisent les droites C et D (la droite D étant relative aux mesures les plus récentes) séparées par un intervalle de deux mois environ, ont donné deux points de Curie différents, l'un de $-38°,3$ et l'autre de $-24°,9$ abs., et un même moment atomique, dont la valeur est de 8,95 magnétons.

Les équations des droites C et D sont respectivement :

$$\chi(T + 38,3) = 0,405 \quad \text{et} \quad \chi(T + 24,9) = 0,404.$$

L'intervalle de température exploré dans ce dernier cas s'étend de $-79°$ à $+100°$C.

III. Il résulte de ces expériences que l'ion V^{IV} possède au moins deux moments atomiques, l'un de 8 et l'autre de 9 magnétons. Ces deux moments ont été déjà rencontrés par Erculisse dans les solutions.

OPTIQUE. — *Procédé expérimental permettant de comparer, à un instant donné, la vitesse de la lumière dans un sens et dans le sens opposé.* Note de M. **Jacob**, présentée par M. A. Cotton.

Voici une expérience qui présente, comme on le verra, des difficultés pratiques assez considérables, mais qu'on peut actuellement espérer vaincre par suite des progrès de la T. S. F. En tout cas son principe, qui dérive immédiatement de celui de la méthode de Fizeau, est particulièrement simple et ne semble pas pouvoir soulever d'objections théoriques.

Supposons qu'il s'agisse de comparer la vitesse de la lumière dans le sens du déplacement de la Terre sur son orbite et dans le sens opposé et admettons, dans nos raisonnements, que ces deux vitesses soient différentes.

Soient A et A′ deux stations placées à la distance l l'une de l'autre et convenablement choisies. En chacune d'elles sont disposés respectivement : les sources S et S′, les obturateurs O et O′ et les lunettes L et L′; L est destinée à viser S′ et L′ à viser S à travers l'ensemble des obturateurs O et O′.

Soient V la vitesse absolue de la lumière et v celle du déplacement de la Terre; T et T′ les temps mis respectivement par la lumière pour parcourir les chemins AA′ et A′A. Dans ces conditions :

$$T' - T = \frac{l}{V - v} - \frac{l}{V + v} = \text{sensiblement } \frac{2\,lv}{V^2}.$$

Supposons, pour simplifier l'exposition, les deux obturateurs constitués par deux roues dentées identiques fixées sur le même axe (¹), l'angle de calage de l'une d'elles (O par exemple) sur l'axe pouvant être légèrement modifié à la main, et admettons que la vitesse de rotation du système soit telle que le temps t de passage d'une dent à la suivante soit égal à $2(T' - T)$.

Le temps T, par exemple, est un multiple de t plus une fraction; l'observateur placé en A pourra, en agissant sur l'angle de calage de O, annuler cette fraction et voir la source S′. Une fois ce réglage effectué, si les hypothèses faites ci-dessus sont exactes et que $T' = \frac{t}{2} + T$, la lumière émise par S, rencontrant un creux en O, rencontrera une dent en O′ ou inversement, et l'observateur placé en A′ ne verra pas S. Si au contraire $T' = T$, c'est-à-dire si la vitesse est la même dans les deux sens, il verra S.

Pratiquement les obturateurs O pourront être établis sur le principe suivant qui a été indiqué jadis par G. Lippmann. Le faisceau venant de la source traverse le dispositif optique employé pour mettre en évidence le phénomène de la biréfringence électrique, puis à l'autre station le même appareillage et enfin une lunette de visée. Les condensateurs sont chargés par une tension alternative de haute fréquence; l'identité de cette fréquence pour les deux postes A et A′ est obtenue en accordant ceux-ci sur un poste émetteur spécial. Enfin au poste A, par exemple, seront prévus des moyens de réglage permettant d'agir sur la phase de la tension aux bornes du condensateur, comme dans l'appareil schématique ci-dessus on pouvait agir sur le calage d'une des roues.

Si alors le temps $T' - T$ est égal au quart de la période d'oscillation, S′ sera, comme précédemment, vu de A et S ne le sera pas de A′. Dans

---

(¹) Cela est impossible en réalité puisque cet axe devrait avoir plusieurs kilomètres de long et les roues tourner à des vitesses irréalisables.

ce cas la longueur d'onde du poste d'émission sera définie par l'égalité

$$\lambda = 4\mathrm{V}(\mathrm{T}'-\mathrm{T}) = \frac{4\times 2 l v}{\mathrm{V}} = \frac{8 l}{10000},$$

soit grossièrement $\frac{1}{1000}$.

La distance entre A et A′ devra donc être choisie approximativement égale en kilomètres au nombre représentant en mètres la longueur d'onde employée. Il serait avantageux de prendre λ de 50 à 100^{m} et l de 50 à 100^{km} pour obtenir des dimensions convenables des condensateurs.

D'autre part il serait indispensable d'adjoindre à chacun des faisceaux lumineux de travail un faisceau de comparaison convenablement réglé pour éviter l'effet des perturbations extérieures, et remplacer l'estimation d'un maximum ou d'un minimum de lumière par la comparaison de deux plages. Enfin, étant donnée l'énergie relativement importante mise en jeu dans les condensateurs, les expériences devraient, pour éviter les échauffements excessifs, ne durer qu'une fraction de seconde; il serait donc nécessaire de remplacer l'observation à l'œil par un dispositif indirect.

Assurément, comme le montre l'indication des ordres de grandeur ci-dessus, on est conduit, si l'on envisage la réalisation de cette expérience, à se placer à l'extrême limite des possibilités pratiques. Il y a toutefois lieu de remarquer que tous les réglages de direction et de mise au point pourraient s'effectuer avec les nicols parallèles et ne présenteraient par suite que peu de difficulté.

SPECTROSCOPIE. — *Production du spectre continu du mercure par roulement dans le vide.* Note [1] de M. **Duffieux**, présentée par M. A. Cotton.

La production d'électricité et de lumière par choc ou par roulement du mercure sur le verre dans le vide est un phénomène connu depuis longtemps. Dans ces dernières années plusieurs auteurs [2] ont signalé qu'au-dessus de 200° C., la lueur émise par ces procédés contient, outre le spectre d'arc du mercure, son spectre continu. Je décris ici un procédé commode d'observation et quelques remarques sur l'influence de la température.

---

[1] Séance du 23 mai 1927.

[2] J. Frank et W. Grotian, *Zeit. f. Phy.*, 4, 1921, p. 89. — F. Rasetti, *Atti d. R. A. N. d. Lincei*, 1, 1925, p. 223.

Le mercure est enfermé dans un ballon sphérique vidé qui tourne autour d'un diamètre horizontal.

Au repos il forme une large goutte de 6^{cm} de diamètre. Cette goutte, entraînée par la rotation, est étirée en pointe et grimpe le long de la paroi. Sa forme est stable pour les vitesses de 120 à 180 tours par minute. Aux vitesses inférieures elle tend à osciller; aux vitesses supérieures la pointe se détache et déferle. Pour abréger j'appellerai talon l'extrémité de la goutte opposée à la pointe. Le ballon est chauffé soit directement par un Bunsen, soit par un bain d'eau ou de paraffine où plonge son hémisphère inférieur. Les températures données sont celles du bain.

A basse température, de 10° à 40°, les phénomènes lumineux sont compliqués et instables. La surface extérieure est fortement électrisée. Les décharges intérieures, étincelles ou effluves, sont étroitement liées à cette électrisation. Le frottement de corps isolants ou conducteurs les allument ou les déplacent; la mise au sol de la surface extérieure au niveau du mercure les éteint complètement. Elles dépendent évidemment de l'état électrique de la masse même du verre.

Au-dessus de 50° un cordon lumineux mauve jaillit du talon de la goutte, décrit un arc de cercle dans l'atmosphère intérieure du ballon, près de la paroi, et vient s'éteindre à quelques centimètres de la pointe. L'action du champ magnétique sur ce cordon lumineux permet d'affirmer qu'il est dû à une décharge électrique continue qui jaillit entre le talon de la goutte et le verre qui vient de se détacher du mercure. L'extrémité positive est au talon de la goutte; c'est une houppe mauve brillante. L'arc qui la prolonge a moins d'éclat; il n'arrive nulle part au contact de la surface intérieure. Au début l'extrémité négative de la décharge paraît être une deuxième houppe lumineuse qui adhère au verre suivant une bande large de 1^{cm}, parallèle à la ligne d'arrachement dont la sépare un intervalle obscur ayant une largeur à peu près égale. Le champ magnétique peut déformer cette houppe négative mais non déplacer sa base. Il déplace au contraire facilement l'arc et la houppe positive dont la forme et la position paraissent ne dépendre que de la pression et du flux propre de la décharge.

Les frottements sur la surface extérieure n'ont plus aucune influence notable. La mise au sol de cette surface au niveau du mercure éteint encore la décharge lorsque la température est peu supérieure à 50°, mais dès que le verre est brûlant, elle ne produit plus aucun effet. Il semble que désormais interviennent seules les propriétés de la surface non conductrice du verre.

La décharge a partout la même couleur. Avec un spectroscope à main on distingue facilement dans les houppes la raie verte et une raie violette du mercure, parfois les raies jaunes.

En élevant progressivement la température, on constate que la décharge conserve toujours sensiblement les mêmes caractères. Au début le cordon s'épaissit et devient diffus, puis la décharge se condense de plus en plus autour de la ligne d'arrachement. La houppe positive avance du talon vers la pointe, l'arc diminue de diamètre; leur éclat augmente. Au contraire la houppe négative s'affaiblit; elle se rapproche d'ailleurs plus vite que le reste de la décharge de la ligne d'arrachement. On s'aperçoit alors que l'arc positif se dirige en réalité vers la surface obscure du verre qui suit immédiatement la houppe négative. A 100°, celle-ci a complètement disparu et l'extrémité positive de l'arc reste désormais séparée du verre par un espace obscur. Vers 160° la décharge se réduit rapidement à une pellicule brillante incurvée en voûte au-dessus de la ligne d'arrachement.

Un peu avant 100° on distingue un nouveau phénomène lumineux. Le sommet du ballon et le réfrigérant se remplissent d'une lueur verte dont l'éclat augmente rapidement. A 120° le phénomène est déjà brillant. Il s'élève de la décharge, réduite à un bourrelet de quelques millimètres de rayon, une flamme verte qui monte au sommet du ballon le remplit, puis s'incurve aspirée par le réfrigérant où elle s'éteint. Cette vapeur phosphorescente, plus brillante que la décharge, n'émet que le spectre continu du mercure. A ce moment on distingue dans la houppe positive toutes les raies d'arc; le spectre continu y est très faible.

Je n'ai plus observé aucune modification notable ni dans la décharge ni dans la vapeur phosphorescente jusqu'aux températures extrêmes que mon appareil m'a permis d'atteindre, températures qui ne doivent pas être très éloignées de 200°.

RADIATIONS. — *Production de rayons X sans tube focus.* Note [1] de M. **G. Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

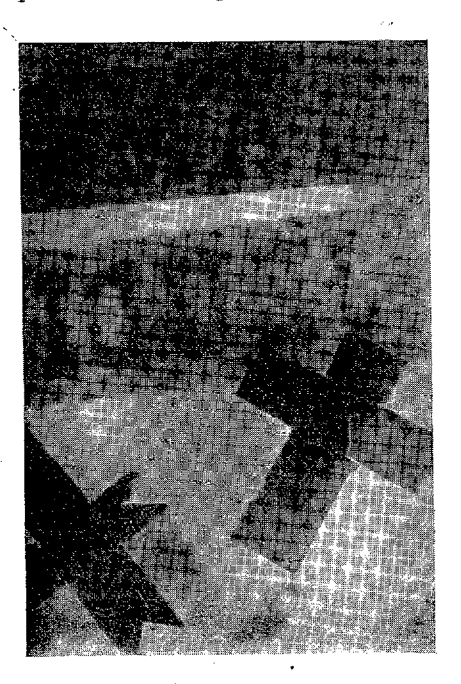
Il a été précédemment montré [2] qu'une cellule de résistance émet des radiations très absorbables; leurs longueurs d'onde s'échelonnent, suivant

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) G. Reboul, *Journal de Physique et Le Radium*, 4e série, 7, 1926, p. 275.

les conditions de l'expérience, entre quelques dizaines et quelques centaines d'angströms; elles sont d'autant plus pénétrantes que la tension aux bornes de la cellule est plus élevée.

Dans les expériences auxquelles il est fait allusion, les tensions employées ne dépassaient guère 1500 à 2000 volts. Avec des tensions plus grandes, atteignant 30000 ou 40000 volts, on obtient des radiations plus pénétrantes et de longueur d'onde plus courte; on peut, en outre, utiliser comme élément



constitutif des cellules un très grand nombre de corps, soit en poudres agglomérées comme dans nos premières expériences, soit en cristaux comme le sel gemme ou l'alun.

Ainsi, une cellule de carbonate de cuivre, sous une tension de 30000 volts, donne des rayons susceptibles de traverser une couche de 7 à 8^{cm} d'air à la pression ordinaire et d'en produire l'ionisation. Ces rayons sont capables, pour des poses variant d'une vingtaine de minutes à 1 ou 2 heures, d'impressionner une plaque photographique enveloppée de papier noir et placée à quelques centimètres de la cellule. Par suite de leur faible pouvoir pénétrant, on peut les utiliser pour radiographier certains objets dont les rayons X ne permettent pas de saisir les détails : des caractères imprimés sur feuilles de papier, de minces lames de carton, de celluloïd, de mica, d'aluminium, etc., se silhouettent sur la plaque après développement.

Le cliché reproduit dans cette Note a été obtenu en exposant au rayonnement une plaque photographique pendant 1 heure et demie et à une distance de $2^{cm},5$; la cellule était constituée par un cristal d'alun et fonctionnait sous 5000 volts; la plaque était placée dans une enveloppe de papier noir contenant deux morceaux de papier imprimé, une croix dentelée d'aluminium de $0^{mm},3$ d'épaisseur et une croix de mica de $0^{mm},02$.

On peut se faire une idée de la longueur d'onde des radiations émises les plus pénétrantes par la valeur de leurs coefficients d'absorption; la détermination peut en être faite soit par la mesure des courants d'ionisation, soit au moyen des impressions photographiques, cette dernière méthode étant manifestement plus sensible que la première. Si l'on admet, pour l'air et le celluloïd, l'exactitude des valeurs que l'expérience ou une extrapolation donnent pour les coefficients d'absorption, on trouve environ 2,5 angströms pour la longueur d'onde des rayons les plus pénétrants émis par une cellule de carbonate de cuivre sous une tension de 30000 volts.

Les cellules de résistance permettent donc d'obtenir des rayons assez voisins des rayons X, il paraît probable qu'avec des tensions plus élevées et quelques améliorations techniques faciles à imaginer, elles donneront des rayons X aussi pénétrants que ceux que l'on obtient avec des tubes focus.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique en solution dans le chlorure de calcium.* Note (1) de M. E. **Darmois**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note récente, j'ai rappelé les explications proposées pour les variations de pouvoir rotatoire de l'acide tartrique. D'après Vlès et Vellinger, la dissociation électrolytique rendrait entièrement compte de la marche de (α) avec la concentration dans l'eau, et même des variations observées dans les additions d'acides et de bases. On peut se demander si la dissociation joue aussi un rôle dans les solutions de sels neutres. J'ai fait un certain nombre de mesures sur les solutions d'acide tartrique dans $CaCl^2$; une solution de $CaCl^2$ à concentration constante est envisagée toujours comme un solvant auquel on ajoute des quantités variables d'acide tartrique; on détermine pour les diverses solutions [α] pour les raies du mercure et l'activité des ions H.

(1) Séance du 30 mai 1927.

Pouvoir rotatoire. — Le pouvoir rotatoire spécifique, calculé pour TH^2 ($C^4H^6O^6$) n'est pas constant; il augmente en solution étendue, comme dans l'eau

Exemple : Solutions dans $CaCl^2$ 1,8 M. Concentration C en TH^2. Température 15° :

C.	0,31.	0,62.	1,24.	3,10.	6,21.	12,42.	18,64.
$[\alpha]_{5780}$....	− 3,5	− 5,8	− 8,05	−10,2	−11,35	−12,40	−12,20
$[\alpha]_{4358}$....	−13,8	−20,0	−22,85	−30,4	−33,2	−36,15	−35,5

D'après de Mallemann, si l'on porte les $(\alpha)_{5780}$ et les $(\alpha)_{4358}$ sur le graphique rectiligne habituel, les solutions de TH^2 dans $CaCl^2$ donnent des droites concourantes ; ces solutions contiendraient deux composants. On peut vérifier que le concours a lieu pour les fortes concentrations en TH^2, mais plus pour les faibles ; la dispersion des solutions étendues est plus faible que celle exigée par la présence des deux composants admis jusqu'ici.

Activité. — L'activité a été mesurée sur les mêmes solutions, à la fois par l'électrode à hydrogène et l'électrode à quinhydrone ; dans ce qui suit, nous parlerons seulement des résultats obtenus avec la première. Si l'on calcule brutalement le pH à la façon habituelle, on obtient des résultats qui ne peuvent pas renseigner sur la concentration en ions H. Exemple : la solution $C = 0,31$ du tableau précédent correspond à une concentration moléculaire $[TH^2] = 0,02$; la mesure électrométrique donne $pH = 0,81$, soit $[H^+] = 0,154$, alors que la dissociation totale de TH^2 doit donner au plus 0,04. Les ions H se comportent dans ces solutions concentrées en sel comme s'ils avaient une concentration fictive (activité) plus grande que dans l'eau; le rapport des deux concentrations fictive et réelle est le coefficient d'activité, variable avec la concentration de $CaCl^2$ et ici beaucoup plus grand que l'unité. Pour déterminer la concentration réelle en ions H, on peut admettre que le coefficient d'activité est peu influencé par la présence d'une petite quantité d'acide ou d'ions tartriques; on cherchera alors à reproduire les activités observées en dissolvant HCl dans le même chlorure. On peut ainsi faire correspondre à chaque solution tartrique une solution chlorhydrique et, en supposant HCl complètement dissocié (théorie actuelle), avoir la concentration vraie en ions H. Dans $CaCl^2$ 1,8 M. on trouve la correspondance suivante [1]:

---

[1] La notation paH remplace, pour les solutions riches en sels, la notation habituelle pH.

pa H.	1.10.	1.00.	0.75.	0.5.	0.25.	0.10.	0.00.	−0.10.	−0.15
[HCl]10^2..	0,94	1,41	2,82	4,70	8,64	11,85	14,75	18,8	21,4
[TH^2]10^2..	2,48	4,14	11,6	20,7	41,4	63,8	84,5	110,2	124,2
δ......	0,38	0,34	0,243	0,227	0,209	0,186	0,175	0,171	0,172

δ désigne dans ce tableau le rapport $\frac{HCl}{TH^2}$, c'est-à-dire le nombre d'ions H apparus par molécule de TH^2. Si l'on trace en fonction de C la courbe des (α) et celle des δ, on est frappé de leur parallélisme; les variations de (α) et celles de [H^+] semblent attribuables à une même cause : dissociation électrolytique de TH^2 ou réaction de TH^2 sur $CaCl^2$.

Les anomalies de l'acide tartrique paraissent dès lors pouvoir être séparées en deux groupes : 1° la grosse variation de (α) d'un solvant à l'autre; 2° la variation plus faible observée dans un solvant quand on change la concentration. Le premier effet s'explique en admettant soit les deux modifications α et β de l'acide tartrique, soit une seule dont le pouvoir rotatoire spécifique varierait d'un solvant à l'autre, par un mécanisme physique ([1]). Si les deux modifications α et β sont deux isomères, dans un solvant donné, on aura affaire à un mélange en équilibre; c'est ce mélange qui dans l'eau aurait pour le jaune un (α) de l'ordre de 15°. Les deux modifications seraient deux acides faibles selon Arrhénius ou deux pseudo-acides selon Hantsch. Le deuxième effet aurait lieu dans les solvants ionisants et consisterait en l'apparition des ions tartriques. Dans l'eau on est forcé d'admettre déjà la présence des ions TH^- et T^{--}; dans les autres solvants, peut-être faudra-t-il admettre d'autres espèces moléculaires, ou des réactions plus compliquées comme semblent l'indiquer déjà les propriétés singulières de l'ion T^{--} dans les divers sels neutres.

RADIOCHIMIE. — *Sur l'application de la théorie radiochimique aux solutions d'iodure de sodium.* Note ([2]) de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

L'énergie d'une réaction, comme je l'ai montré dans une Note récente ([3]), peut être calculée à partir des fréquences ν_0 et ν'_0, correspondant à une

---

([1]) Du genre de celui imaginé par Bruhat et Pauthenier (gémination) ou par moi-même (rotations internes).

([2]) Séance du 23 mai 1927.

([3]) R. Audubert, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 881.

transformation et à son inverse, au moyen de la formule

$$Q = Nh(\nu'_0 - \nu_0),$$

où N représente la constante d'Avogadro et h celle de Planck. Pour les sels de fer, on a vu que le résultat ainsi obtenu était confirmé par des mesures électrochimiques de l'affinité, et par les données thermochimiques; ce qui conduit à admettre que la réaction $2Fe^{++} + 2H^{+} \rightarrow 2Fe^{+++} + H^2$ est endothermique.

On obtient une vérification analogue avec les solutions d'iodure de sodium.

La méthode et les précautions employées sont identiques à celles décrites dans la Note précédente.

Si l'on plonge deux électrodes de platine, dont l'une est éclairée, dans

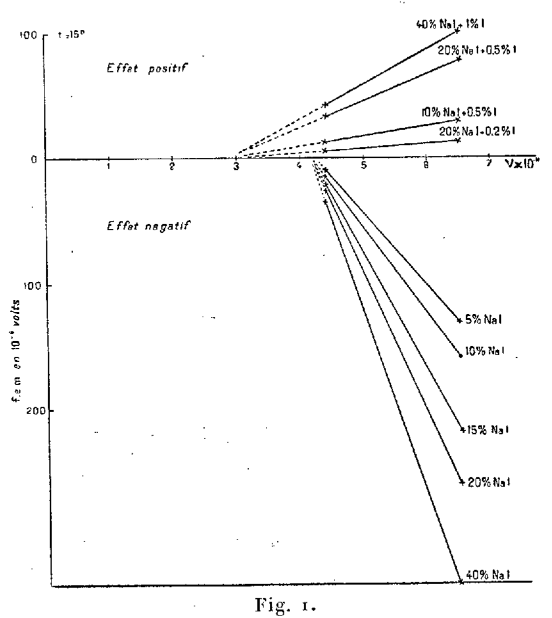


Fig. 1.

une solution d'iodure de sodium, une force électromotrice (f. e. m.) prend naissance, la lame soumise au rayonnement jouant le rôle de cathode. Cette f. e. m. est plus grande que la f. e. m. photovoltaïque normale; la lumière intervient donc surtout en exerçant une action photochimique. On peut représenter schématiquement le mécanisme du phénomène par

$$3\bar{I}, \rightarrow \bar{I}^3 + 2\Theta.$$

Les deux électrons libérés sont captés sur l'électrode qui se charge ainsi négativement.

Lorsqu'on dissout de l'iode dans la solution d'iodure de sodium, il se forme des ions $\bar{I}^3$; si l'on soumet alors à l'action de la lumière, on constate que l'électrode éclairée fonctionne comme anode, ce qui est en accord avec le schéma $\bar{I}^3 + 2\Theta \rightarrow 3\bar{I}$. On est donc amené à penser que la lumière peut agir sur l'équilibre entre les ions $\bar{I}$ et les ions $\bar{I}^3$ suivant :

$$(1) \qquad 3\bar{I} + 2h\nu \rightleftharpoons \bar{I}^3 + 2\Theta + 2h\nu'.$$

Les fréquences seuils ν_0 et ν'_0 ont été déterminées par extrapolation des f. e. m. observées pour deux groupes de radiations.

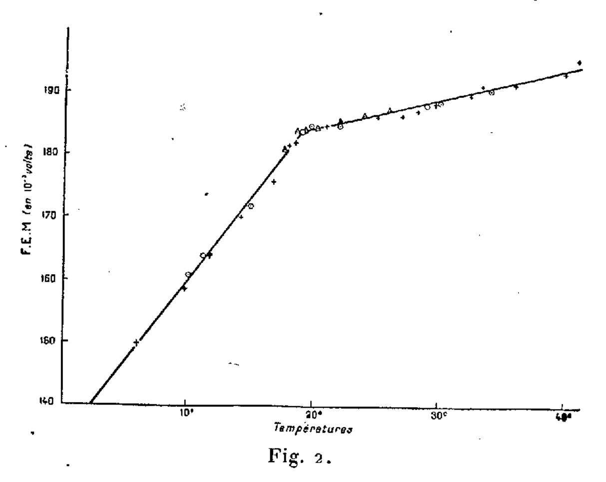


Fig. 2.

Si l'on effectue plusieurs expériences à différentes concentrations, on vérifie, comme le montre la figure 1, que toutes les droites correspondant aux solutions NaI convergent au point $\nu_0 = 4,2.10^{14}$, tandis que celles correspondant aux solutions NaI^3 convergent au point $\nu'_0 = 2,9.10^{14}$. Ce qui donne, pour l'énergie de la réaction (1), $Q = -26000^{cal}$.

Ce résultat est facile à contrôler par des mesures d'affinité; la réaction précédente, en effet, peut être réalisée par l'intermédiaire de la pile : $Pt/NaI\,sat.\,KCl/NaI^3/Pt$.

On constate effectivement que le platine au contact de NaI fonctionne comme cathode et qu'en circuit fermé la coloration caractéristique des ions $\bar{I}^3$ apparaît autour de cette électrode.

La chaleur de la réaction Q se calcule aisément à partir de l'équation d'Helmholtz : $\frac{Q}{23000.n} = E - \frac{T\,dE}{dT}$, où n est le nombre de charges échangées; il suffit de mesurer la f. e. m. E et sa variation avec la température T.

Pour toutes les chaînes étudiées, cette variation est représentée par deux droites se coupant en un point d'abscisse $T = 19°$.

La figure 2 contient les résultats obtenus, par exemple, avec la chaîne

$$Pt/NaI(75\ \%)/KCl\ sat./NaI(75\ \%) + I(20\ \%)/Pt.$$

On voit que

$$\frac{dE}{dT} = +2,66.10^{-3}\ \text{volt}$$

pour la première portion, la seule qui soit intéressante, puisque l'action de la lumière a été déterminée à 15°. Ce qui donne, pour la chaleur de réaction, en prenant $n = 2$, $Q = -26800^{cal}$.

On obtient des résultats analogues avec des chaînes de concentrations différentes. Par exemple :

Pour NaI (25 %)/KCl sat./NaI (25 %) + I (4 %)/Pt........ $Q = -26000^{cal}$
Pour NaI (8,7 %)/KCl sat./NaI (8,7 %) + I (0,1 %)/Pt...... $Q = -21000$
Pour NaI (50 %)/KCl sat./NaI (50 %) + I (2 %)/Pt........ $Q = -27000$

Tous ces nombres sont très voisins de celui calculé à partir des fréquences seuils. On peut donc considérer la théorie radiochimique comme applicable à l'action de la lumière sur les iodures.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le rôle de quelques facteurs physiques dans la pénétration électrocapillaire des colloïdes colorés.* Note de MM. **W. Kopaczewski** et **W. Szukiewicz**, présentée par M. d'Arsonval.

Après avoir fixé les détails techniques de l'analyse électrocapillaire des colloïdes [1], nous allons étudier le rôle de quelques facteurs physiques dans la pénétration électrocapillaire de ces substances. Parmi les colloïdes colorés, nous avons choisi trois matières colorantes : le noir direct W, la congorubine FF et le gris direct 4B; elles ont été préalablement dialysées, puis desséchées; on en faisait une certaine provision, au moment de leur emploi, en les dissolvant dans l'eau en concentration à 2 pour 1000. Voici les caractères physico-chimiques de ces solutions :

	Tension superficielle.	Pression osmotique.	Conductibilité électrique.	Charge.
Noir direct W...	72,1	$+16^{cm}$ %	$5,72.10^{-4}$	négative
Congorubine FF.	72,8	+27 »	2,6 »	amphotère
Gris direct 4B...	72,5	—10 »	2,2 »	positive

(1) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1530; *Rev. gén. des Matières color.*, **30**, 1926, p. 34-45.

Ces colloïdes colorants ont été additionnés chacun d'une substance appropriée ayant une propriété physique spéciale, afin d'étudier l'action de ce facteur physique sur la pénétratiou capillaire du colloïde dans le papier-filtre. Les dispersions aqueuses de nos colloïdes servaient de témoin.

1. *Dilution.* — Thomas et Gérard [1] ont signalé que l'analyse capillaire ne permet pas de déterminer le signe électrique d'un colloïde; ce résultat est dû uniquement à l'emploi de concentration trop forte des colloïdes positifs; en effet, les colloïdes positifs accusent une pénétration capillaire aussi intense que les colloïdes électronégatifs, si la concentration dépasse 2 pour 1000; il est probable que les charges positives ainsi introduites renversent la charge négative primitive du papier-filtre et le phénomène devient alors une simple pénétration capillaire de l'eau, chargée de micelles colorées. Il faut par conséquent, dans les expériences électrocapillaires, *employer des concentrations les plus faibles possibles, afin de donner aux expériences toute la netteté désirable.*

2. *Viscosité.* — En étudiant le rôle de la viscosité, on constate que ce facteur est capable d'annuler totalement la pénétration électrocapillaire : la glycérine, les sucres, l'amidon, la gomme arabique, la pectine, le silicate de soude en concentration de 2,5 pour 100 arrêtent, complètement ou en grande partie, l'ascension capillaire des colloïdes de signe électrique divers et aussi celle des électrolytes. En présence de silicate de soude, de l'amidon et de la gomme, l'ascension de l'eau est diminuée dans de fortes proportions. Par conséquent, dans des recherches comparatives, *il convient de tenir largement compte du degré de viscosité du milieu.*

3. *Tension superficielle.* — L'étude de la tension superficielle dans l'analyse électrocapillaire présente certaines difficultés : la volatilité d'un grand nombre de substances actives, telles que les alcools, les éthers, etc., ne permet pas un dosage rigoureux, surtout étant donné que les expériences de l'électrocapillarité durent assez longtemps (24 heures); d'autres substances sont insolubles dans l'eau (graisses), d'autres encore sont rarement neutres (savons). En écartant le rôle de ces facteurs on peut constater que la *diminution de la tension superficielle a pour effet une augmentation de la pénétration électrocapillaire des colloïdes* dans le papier-filtre. Ce fait est parfaitement démonstratif avec des solutions de saponine, de glycocholate et de taurocholate de soude, avec l'albumine et la peptone.

Il convient, toutefois, de signaler que ce résultat ne peut être obtenu

---

[1] W. Thomas et D. Gérard, *Amer. chem. Soc.*, 40, 1918, p. 101.

qu'avec des substances fraîchement dissoutes; cette précaution est surtout valable pour les colloïdes, dont les propriétés varient en raison de leur âge, ainsi que nous l'avons déjà signalé récemment ([1]).

4. *Périodicité.* — En raison des variations périodiques des propriétés des colloïdes il est compréhensible que leur ascension électrocapillaire subit un sort identique. Ainsi, l'action de l'oléate de soude en concentration de 1 pour 100 et dont les caractères physico-chimiques étaient les suivants :

Tension superficielle	33,7 dynes : cm
Viscosité	0,93
Conductibilité électrique	$2,0.10^{-4}$
pH^+	6,8

était très nette avec la solution utilisée 6 heures après sa préparation; deux jours après, cette action fut suivie d'une floculation et d'un arrêt de toute ascension capillaire; le 12e jour l'ascension électrocapillaire s'est de nouveau un peu manifestée, et, à ce moment, les caractères de notre hydrosol ont été les suivants :

Tension superficielle	35,0
Viscosité	0,94
Conductibilité	$1,9.10^{-4}$
pH	7,35

Après 25 jours l'ascension dans les capillaires a été telle qu'au sixième jour : voici les propriétés de l'hydrosol d'oléate de soude à ce moment :

Tension superficielle	29,2
Viscosité	0,97
Conductibilité	$1,9.10^{-4}$
pH	7,4

L'action périodique d'un hydrosol de savon est encore une fois retrouvée; toutefois, les variations des caractères physico-chimiques envisagées ne semblent pas autoriser une conclusion quant à leur rôle éventuel dans le phénomène électrocapillaire étudié : il semble plutôt qu'au cours de ce vieillissement l'hydrosol subit d'autres modifications qui échappent pour le moment à notre investigation : on se trouve, peut-être, en présence de variations dans le groupement des forces électriques, d'où les variations de la charge électrique de l'hydrosol que l'analyse capillaire enregistre si fidèlement.

([1]) W. Kopaczewski et Szukiewicz, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1272.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les températures critiques de dissolution des mélanges d'alcool et de quelques hydrocarbures.* Note de MM. **A. Boutaric** et **G. Corbet**, présentée par M. Ch. Moureu.

1. Le tracé de la courbe de solubilité et, par suite, la détermination de la température critique de dissolution de deux liquides A et B imparfaitement miscibles, devient difficile : 1° lorsque les liquides A et B ont des indices de réfraction voisins (le trouble qui précède la séparation des couches est alors difficile à saisir); 2° lorsque cette température est trop basse.

Dans les deux cas, on facilite les mesures en ajoutant à l'un des éléments A du mélange une troisième substance C, qui rend le trouble plus apparent ou élève la température critique de dissolution. En répétant les mesures pour des concentrations décroissantes de C, dans A, portant sur un graphique les températures critiques observées en fonction des concentrations et prolongeant la courbe jusqu'à l'axe des ordonnées, on obtient la température critique de dissolution du mélange A — B.

C'est au moyen de cette méthode que nons avons déterminé la température critique de dissolution des mélanges formés par le benzène et l'alcool méthylique, le benzène et l'alcool éthylique, les essences de pétrole et l'alcool éthylique.

2. Ainsi pour déterminer la température critique de dissolution du benzène avec l'alcool méthylique, nous avons ajouté au benzène de faibles quantités d'huile de colza, qui augmente nettement la visibilité du trouble. Nous avons tracé les courbes de solubilité et relevé sur ces courbes les températures critiques de dissolution Θ de l'alcool méthylique avec du benzène contenant des proportions variables s d'huile (s désigne le quotient du poids d'huile par la somme des poids d'huile et de benzène). En représentant ces valeurs de Θ en fonction de s, on obtient une courbe qui, prolongée jusqu'à l'axe des ordonnées, fournit la température critique de dissolution pour une teneur nulle en huile, c'est-à-dire la température critique de dissolution du benzène avec l'alcool méthylique, soit 29°. Voici quelques couples de valeurs de s et de Θ :

$100s$.	Θ.
14,2	102°,5
9,4	90
4,8	71
1,9	47,7
0	29 (extrapolé)

3. C'est par cette méthode que nous avons déterminé les températures critiques de dissolution du benzène et de diverses essences de pétrole avec l'alcool éthylique plus ou moins étendu d'eau. Partant d'alcool rigoureusement absolu, ne fournissant aucun trouble avec l'alcoolate de baryte, nous avons préparé par pesées des mélanges hydro-alcooliques de diverses teneurs σ (σ représente le quotient du poids d'eau par la somme des poids d'alcool et d'eau). Le tableau suivant donne les températures critiques de dissolution de ces divers mélanges hydro-alcooliques avec le benzène et avec une essence légère dite « touriste » ($n_{20}^{d} = 1,4055$, $d_0 = 0,739$).

Benzène.		Essence.	
100 σ.	Θ.	100 σ.	Θ.
24,8	48°	6,02	71°,3
11,1	9	4,4	52
6,1	−16	3,2	31,2
5,3	−28 (?)	1,6	15
3,8	−90 (?)		

Pour le benzène, la courbe représentant Θ en fonction de σ tend asymptotiquement vers l'axe des ordonnées, d'où l'on peut conclure que le benzène et l'alcool pur sont miscibles en toutes proportions.

Mais pour l'essence, la courbe rencontre l'axe des températures en un point d'ordonnée $\Theta = -10$, qui représente la température critique de dissolution de l'essence considérée avec l'alcool absolu. Nous avons trouvé le même résultat en ajoutant à l'alcool éthylique des proportions variables d'alcool méthylique, qui tout à la fois élève la température de miscibilité avec l'essence et rend le trouble nettement visible même en l'absence d'huile. D'ailleurs en refroidissant, au moyen de neige carbonique et d'éther, un mélange d'alcool absolu et d'essence enfermé dans un tube scellé, nous avons constaté l'apparition d'un trouble qui, à travers les parois d'un vase d'Arsonval non argenté, était encore nettement perceptible à — 15°. Avec diverses essences (essence d'aviation, essence « poids lourd »), nous avons obtenu des températures critiques variant entre — 10 et — 25°.

Ainsi, contrairement à une opinion répandue, l'essence et l'alcool absolu ne sont pas miscibles en toutes proportions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'ébullition des solutions saturées, méthode d'analyse physico-chimique.* Note de MM. **Eugène Cornec** et **Paul Krug**, transmise par M. G. Urbain.

L'ébullition, sous la pression normale, d'une solution contenant deux sels commence à une température qui dépend du rapport des deux sels et de la concentration totale; l'ébullition continuant, la solution se concentre par évaporation, la température s'élève lentement; il arrive un moment où la solution devient saturée, on observe l'ébullition en présence d'une petite quantité de sel à une température que nous appellerons *température de sel*. Cette température dépend uniquement du rapport des deux sels dans la solution initiale.

La détermination de la température de sel par l'observation de l'apparition de cristaux étant incertaine en raison des retards de cristallisation, on place la solution dans un thermostat et l'on trace une courbe temps-température. Un agitateur, s'appuyant sur le fond du tube à expérience, maintient les cristaux en suspension et permet d'éviter les retards d'ébullition. Avec ce dispositif il est souvent possible, en prolongeant l'évaporation par ébullition, d'atteindre la cristallisation d'un second sel (palier de température).

Étant donnés deux sels, on prépare des mélanges en proportions variables, on les fait passer en solution, on détermine les températures de sel et l'on construit une courbe en portant la composition (rapport des deux sels dans le mélange solide) en abscisse et la température de sel en ordonnée.

Dans le cas chlorure de sodium (108°,7), chlorure de potassium (108°,5) la courbe a la forme d'un V renversé; suivant l'une des branches la phase solide est du chlorure de sodium et suivant l'autre du chlorure de potassium. La position de la pointe du V donne la température d'ébullition (112°) et la composition (ClNa 41,5, ClK 58,5) de la solution saturée des deux sels.

Par mélange de nitrate de sodium et de nitrate de potassium on obtient une courbe analogue qui montre une élévation remarquablement grande de la température de sel : 115°,2 pour le nitrate de potassium, 119°,8 pour le nitrate de sodium, 159° pour la solution saturée de deux phases solides.

Le couple chlorure de sodium-bromure de sodium a donné une courbe continue montant de 108°,7 (chlorure) à 120°,1 (bromure). La forme anhydre du bromure de sodium (stable au-dessus de 50°,7) donne donc, avec le chlorure de sodium, une série continue de cristaux mixtes.

Avec le chlorure de potassium (108°,5) et le bromure de potassium (110°,9) on a obtenu une courbe continue présentant un maximum (111°,3). La solution correspondant au maximum (ClK 17, BrK 83) se comporte à l'ébullition comme la solution d'un corps pur; le rapport du chlorure au bromure est le même dans la solution et dans les cristaux mixtes.

La courbe obtenue avec les mélanges de sulfate de cuivre et de sulfate d'ammonium est formée de trois branches correspondant aux deux sels simples et à un sel double. En partant du sulfate de cuivre (104°,1) la température de sel augmente jusqu'à la solution saturée de sulfate de cuivre et de sel double (110°,5); elle diminue ensuite, passe par un minimum (109°,1) puis augmente jusqu'à la solution saturée de sel double et de sulfate d'ammonium (111°,2); elle décroît enfin jusqu'au sulfate d'ammonium (108°,0). L'abscisse du minimum de température indique que le sel double renferme une molécule de sulfate de cuivre pour une molécule de sulfate d'ammonium. Il ne s'agit pas de l'hexahydrate bien connu, mais d'un hydrate inférieur, car l'analyse thermique d'un mélange d'eau et de sel double montre qu'il y a un point de transition à 105°. L'étude de la déshydratation de l'hexahydrate a permis d'obtenir un dihydrate (suivant la branche du sulfate de cuivre on n'a pas le pentahydrate ordinaire, mais le trihydrate, le point de transition entre les deux formes est à 95°).

Le sulfate de zinc et le sulfate d'ammonium ont donné également une courbe à trois branches. Le sel double, qui cristallise dans les solutions bouillantes, renferme une molécule de sulfate de zinc pour une molécule de sulfate d'ammonium; il paraît identique à l'hexahydrate qui cristallise à la température ordinaire, car, ni l'analyse thermique ni l'étude de la déshydratation ne donnent l'indication d'un hydrate inférieur.

Les diagrammes obtenus (systèmes du troisième ordre) présentent une évidente analogie avec ceux des alliages binaires (systèmes du second ordre).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude ébullioscopique de l'affinité relative aux complexes engendrés par le chlorure mercurique et les chlorures alcalins.* Note [1] de MM. F. **Bourion** et E. **Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié par voie ébullioscopique [2], la composition des complexes formés en solution aqueuse, par le chlorure mercurique et les chlo-

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 86.

rures alcalins, en mêlant en proportion variable des solutions équimoléculaires des sels simples. Mais le chlorure mercurique en solution aqueuse, étant constitué à 100°, pour des concentrations supérieures à 0,5 par des molécules simples et des molécules triples en équilibre ([1]) deux alternatives s'offraient alors pour calculer, par la règle des mélanges, l'élévation due au chlorure mercurique : 1° ou bien ne faire figurer que les molécules simples dans l'estimation de la concentration due au chlorure mercurique; 2° ou évaluer cette concentration (en molécules simples), en faisant intervenir la totalité du chlorure mercurique. quel que soit son état moléculaire.

Dans le premier cas on est conduit au complexe $[HgCl^3]M$, et dans le deuxième cas à la composition $2Cl^2Hg$, $3ClM$, qu'on pouvait aussi considérer comme caractérisant un mélange des composés $[HgCl^3]M$ et $[HgCl^4]M^2$. Nous avions opté pour le premier point de vue.

Or cette façon dissymétrique d'estimer la concentration en accordant aux ions une situation privilégiée par rapport aux molécules associées ne s'est pas trouvée justifiée dans la suite; car, en utilisant la méthode antérieurement décrite ([2]), pour la détermination par voie ébullioscopique de la constante d'équilibre, nous avons obtenu une valeur négative égale à — 2 pour le couple Cl^2Hg 1,3M — ClK 0,65M, résultat manifestement absurde.

Nous avons alors cherché à déterminer la constante d'équilibre en calculant la concentration du chlorure mercurique par la deuxième méthode; son emploi était d'autant plus indiqué, qu'en l'utilisant l'un de nous ([3]) a trouvé, par ébullioscopie, que les sulfates doubles engendrés en solution par les sulfates alcalins, avec les sulfates magnésiens que l'on sait très fortement associés, correspondaient aux combinaisons équimoléculaires telles que SO^4Am^2, SO^4Mg, dont la formation pouvait être considérée comme la plus probable. En opérant en présence d'un excès de chlorure alcalin, il était à présumer que seul le complexe $[HgCl^4]M^2$ prendrait naissance, l'existence du complexe $[HgCl^3]M$ et des complexes issus des molécules associées étant peu probable dans ces conditions. L'expérience a confirmé ces prévisions. On a, avec ClK :

([1]) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 54; **182**, 1926, p. 1546.

([2]) G. Urbain, P. Job et Chauvenet, *Comm. verb. soc. Chim. Phys.*, 11 juin 1913. — P. Job, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 927, 1108 et 1932; **182**, 1926, p. 1621. — F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 390; **184**, 1927, p. 598.

([3]) E. Rouyer, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 46.

Conc. ClK.	Conc. Cl^2Hg.	x max.	k_0.	k_1.	k_2.
3,000	0,600	0,61	1,224	0,0531	0,0382
3,000	0,375	0,665	0,659	0,0567	0,0143
3,000	0,300	0,687	0,532	0,0567	0,00936
3,000	0,250	0,707	0,445	0,0514	0,00596

k_0, k_1 et k_2 correspondant effectivement aux complexes $[HgCl^3]K$, $[HgCl^4]K^2$ et $[Hg^2Cl^5]K^3$. Seul k_1 offre une constance convenable et l'on a

$$k_1 \text{ moyen} = 5,45 \times 10^{-2}.$$

On a de même pour le sodium :

Conc. ClNa.	Conc. Cl^2Hg.	x max.	k_0.	k_1.	k_2.
3,000	0,600	0,577	2,304	0,137	0,166
3,000	0,300	0,650	0,902	0,125	0,0270

ce qui montre la formation de $[HgCl^4]Na^2$ avec un excès de ClNa :

$$k_1 \text{ moyen} = 1,31 \times 10^{-1}.$$

M. G.-A. Linhart (¹), se basant sur des mesures de coefficients de partage du chlorure mercurique entre l'eau et la benzine à 25°, a montré la coexistence, dans le mélange des solutions de ClNa et de Cl^2Hg, des complexes $[HgCl^3]Na$, $[HgCl^4]Na^2$, et d'un peu de complexes engendrés par les molécules Cl^4Hg^2. En présence d'un excès de ClNa, il a trouvé, pour $[HgCl^4]Na^2$,

$$k_1 = 2,1 \times 10^{-2} \quad \text{à} \quad 25°,$$

valeur 5 fois plus petite que la nôtre; il est vrai que nous avons opéré à des températures bien différentes. M. P. Job (*loc. cit.*), d'autre part, par une étude spectrographique, a conclu à la formation de $[HgCl^3]K$ avec

$$k_0 = 2,1 \times 10^{-2} \quad \text{à} \quad 16°.$$

Les résultats positifs acquis au cours de cette étude sont les suivants :

1° Les chlorures alcalins en présence de Cl^2Hg en solution aqueuse à l'ébullition donnent un mélange des deux complexes $[HgCl^3]M$ et $[HgCl^4]M^2$; les constantes d'affinité relatives à la formation du deuxième type sont $5,45 \times 10^{-2}$ pour le potassium, et $1,31 \times 10^{-1}$ pour le sodium.

2° Lorsque l'un des sels simples est partiellement associé comme Cl^2Hg

(¹) G.-A. Linhart, *Amer. Chem. Soc.*, 38, 1916, p. 1272.

ou les sulfates magnésiens, on doit calculer l'élévation correspondante par la règle des mélanges en prenant pour sa concentration la totalité du sel, quel que soit son état moléculaire. Ce procédé donne, dans tous les cas, des résultats plus corrects que celui qui consiste à ne pas y faire figurer les molécules associées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la transformation de l'aldéhyde acétique en sa forme énolique.* Note [1] de M. **Svend Aage Schoü**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour expliquer les condensations qui ont lieu dans les solutions basiques d'aldéhydes aliphatiques, on admet généralement la transformation de ces aldéhydes en leur forme énolique. En particulier, la façon de se comporter des hexoses en solution faiblement alcaline s'explique par la présence d'une forme énolique, comme l'a montré Nef et plus tard une série de travaux d'Ewans et de ses collaborateurs. Enfin Stephanow [2] et ses collaborateurs expliquent la réaction entre le paraldéhyde et le brome par l'existence de la forme énolique de l'aldéhyde acétique. C'est dans un composé au mercure, obtenu par traitement d'une solution basique d'aldéhyde acétique avec du HgO fraîchement précipité, que l'on s'est rapproché le plus de la forme énolique. Nef, Ewans et d'autres admettent pour ce composé la formule $(CH^2 : CHO)^2HgHgO$.

Nous avons étudié quantitativement l'absorption des rayons ultraviolets par les solutions neutres, basiques et acides d'aldéhyde acétique.

Pour éviter une condensation trop prononcée, les photographies furent faites aussi rapidement que possible après le mélange des composés. Nous avons de plus étudié les spectres d'absorption du paraldéhyde plusieurs fois fractionné ainsi que du paraldéhyde dépolymérisé par une goutte d'HCl et dilué dans l'eau.

La courbe 1 donne le spectre d'absorption de l'aldéhyde acétique en solution aqueuse. La courbe 2 donne le spectre d'absorption du même corps dans NaOH 0,01 M. Dans la région où l'aldéhyde acétique [3] a son minimum, on observe pour 2 un maximum très marqué, qui, d'après les recherches de Victor Henri sur les spectres d'absorption des corps organiques, doit être attribué à la double liaison entre deux atomes de carbone

$$CH^3CHO \rightarrow CH^2 : CHOH.$$

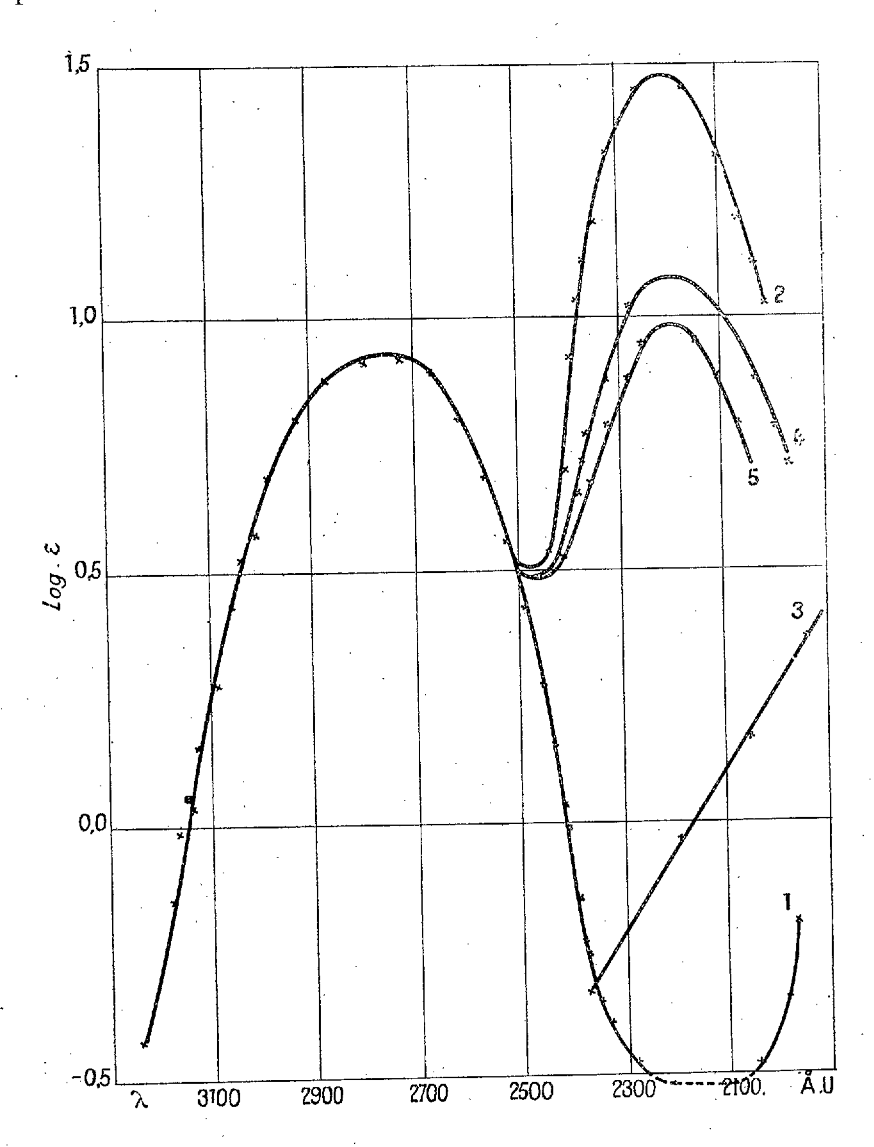
---

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) *Ber. Chem. Ges.*, 59, 1926, p. 2533.

(3) Sv. A. Schoü, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 965.

La valeur de ε permet de calculer approximativement le rapport entre la forme aldéhydique et énolique. On trouve une molécule de la forme énolique pour 335 molécules d'aldéhydes.



Les courbes 4 et 5 montrent que le paraldéhyde traité par HCl ainsi que l'aldéhyde acidifié contiennent aussi une faible proportion de forme énolique, $\frac{1}{830}$ et $\frac{1}{1045}$.

	Maximum		Minimum		Proportion
	λ.	ε.	λ.	ε.	de la forme énolique.
Aldéhyde acétique	2778	8,7	2150	0,24	< 1 pour 15000 ([1])
Aldéhyde acétique 0,01 NaOH	2215	29,6	2475	3,2	1 pour 335
Paraldéhyde + HCl	2205	12,0	2470	3,0	1 pour 830
Aldéhyde acétique + HCl	2205	9,6	2465	3,0	1 pour 1045

Le tableau donne les valeurs du coefficient d'absorption, les positions des maxima et minima ainsi que les proportions de forme énolique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les magnésiens phosphinés.* Note de MM. **A. Job** et **G. Dusollier**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'un de nous, en collaboration avec M. Reich ([2]), a établi l'existence des magnésiens arsinés en étendant aux arsines la réaction, étudiée par L. Meunier ([3]), des combinaisons organo-magnésiennes mixtes sur les amines. Nous avons de même préparé les magnésiens phosphinés.

Nous avons d'abord fait réagir la *monophénylphosphine* sur le bromure d'éthylmagnésium. Dans 100^{cm^3} d'une solution éthérée bouillante renfermant 28^g de C^2H^5MgBr, nous versons peu à peu 11^g de $C^6H^5PH^2$ en solution éthéro-benzénique. *Il se dégage de l'éthane en quantité correspondant à la formation du dimagnésien* $C^6H^5P(MgBr)^2$ suivant l'équation

$$C^6H^5PH^2 + 2C^2H^5MgBr = C^6H^5P(MgBr)^2 + 2C^2H^6;$$

éthane recueilli 4200^{cm^3}; calculé 4480^{cm^3}. On obtient une solution de couleur brun vert qui présente les caractères généraux des magnésiens. Elle s'oxyde en prenant une teinte jaune. Elle est très sensible à l'action de l'humidité : l'eau la décompose en régénérant de la phénylphosphine. Elle absorbe avidement le gaz carbonique et en même temps un précipité blanc apparaît. Il est vraisemblable qu'il se forme ainsi le sel $C^6H^5P(CO^2MgBr)^2$, car 2^{mol} de CO^2 sont fixées par le magnésien phosphiné pour chaque molécule de phénylphosphine initiale.

Nous avons d'ailleurs préparé l'éther-sel correspondant à l'acide $CH^6P^5(CO^2H)^2$, en traitant le magnésien par le chloroformiate d'éthyle.

([1]) *Loc. cit.*
([2]) A. Job et Reich, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 56.
([3]) *Comptes rendus*, **136**, 1903, p. 758.

Dans un ballon refroidi par le mélange glace et sel contenant la solution magnésienne préparée à partir de 16^g de $C^6H^5PH^2$, nous versons rapidement 32^g de $ClCO^2C^2H^5$, dilué de benzène (50^g). Le mélange est ensuite porté à l'ébullition pendant une heure. Après refroidissement, le contenu du ballon est traité par l'eau glacée. La solution éthéro-benzénique est décantée, séchée et distillée. En rectifiant, on recueille, entre 150° et 153° sous 4-5^mm, 10^g d'une huile incolore qui paraît stable à l'air. Il est légitime de supposer que nous avons obtenu ainsi le *phénylphosphinodicarboxylate d'éthyle* suivant la réaction

$$C^6H^5P(MgBr)^2 + 2\,Cl\,CO^2C^2H^5 = C^6H^5P(CO^2C^2H^5)^2 + Mg\,Cl^2 + Mg\,Br^2$$

La formule que nous attribuons au produit obtenu est vérifiée par le dosage du carbone (¹) (C pour 100 : trouvé, 56,83; calculé, 56,69), par le dosage du phosphore (P pour 100 : trouvé, 12,08; calculé, 12,20), et par la détermination du poids moléculaire (trouvé, par cryoscopie dans le benzène, 238; calculé, 254).

Nous avons de même préparé le magnésien $(C^6H^5)^2PMgBr$ en faisant réagir la *diphénylphosphine* sur le bromure d'éthylmagnésium.

Éthane recueilli : 2125^cm³ pour $\frac{1}{10}$ de molécule de $(C^6H^5)^2PH$.

Ce magnésien est beaucoup moins soluble dans le mélange éthéro-benzénique que celui de la monophénylphosphine : au cours de sa préparation, il se précipite sous forme d'une poudre blanche qui se prend peu à peu en une masse compacte.

En traitant ce magnésien par le chloroformiate d'éthyle, nous avons aussi préparé le *diphénylphosphinocarboxylate d'éthyle* $(C^6H^5)^2PCO^2C^2H^5$, huile incolore distillant à 185°-188° sous 5-6^mm. C pour 100 : trouvé, 70,1; calculé, 69,77. P pour 100 : trouvé, 11,92; calculé, 12,02. Poids moléculaire : trouvé, par cryoscopie dans le benzène, 237; calculé, 258.

Ainsi la réaction du bromure d'éthylmagnésium, sur la mono- et sur la diphénylphosphine, donne bien des magnésiens phosphinés et nous trouvons jusqu'ici un parallélisme complet entre les phosphines et les arsines.

Nous avons fait réagir aussi le phosphure d'hydrogène PH^3 sur le bromure

---

(¹) Par l'oxydation argento-sulfochromique. Nous signalons l'intérêt de cette méthode, due à L.-J. Simon, pour le dosage de certaines phosphines; le phosphore y est oxydé jusqu'au degré phosphorique.

d'éthylmagnésium et nous avons obtenu une poudre blanche qui semble résulter de la substitution de deux H de PH^3 par des groupes MgBr (¹).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sensibilité de quelques papiers réactifs du phosphure d'hydrogène gazeux.* Note de M. **M. Wilmet**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons étudié précédemment (²) la sensibilité de papiers réactifs concernant l'hydrogène sulfuré. L'application de la même technique à l'hydrogène phosphoré fait l'objet de la présente Note.

Une série d'expériences, à l'état statique, consiste à plonger, dans des flacons de 10^l contenant des atmosphères de concentrations connues en phosphure d'hydrogène, des carrés de papier-filtre de 3^{mm} de côté, imbibés de différentes solutions :

Sulfate de cuivre : 10 pour 100; nitrate d'argent $\frac{N}{10}$; iodomercurate de potassium (I^2Hg, 3IK) à 10 pour 100; iodomercurate alcalin (formule de Winckler (³); sublimé à 5 pour 100.

L'action de l'hydrogène phosphoré sur les papiers au sulfate de cuivre et au nitrate d'argent les colore en noir. Suivant la quantité de gaz qui a réagi, la coloration obtenue varie du jaune au rouge orangé sur le papier à l'iodomercurate neutre, et du jaune au jaune noirâtre sur le papier imprégné de la solution de Winckler.

Le papier au sublimé, préconisé par de nombreux auteurs, en particulier sous le nom de méthode de Gützeit (⁴) pour la recherche de l'hydrogène arsénié, est rendu beaucoup plus sensible par un procédé indiqué par Cribier (⁵) à propos du dosage de ce dernier gaz.

(¹) H. Gal (*Bull. Soc. chim.*, 39, 1883, p. 582) a signalé autrefois l'action du zinc-éthyle symétrique sur les amines et les phosphines et la formation d'organozinciques symétriques aminés et phosphinés. Comme suite à ce travail, nous avons récemment fait agir l'iodure de zinc-éthyle sur les phosphines et constaté une réaction analogue à celle que nous avons décrite plus haut. Mais dans la monophénylphosphine, nous n'avons remplacé qu'un hydrogène seulement par ZnI.

(²) Wilmet, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 287.

(³) Winckler et V. Denigès, *Précis de Chim. anal.*, 1913, p. 68 (Maloine et fils, éditeurs).

(⁴) Gützeit, *Pharmac. Zeits.*, 1879, p. 263.

(⁵) Cribier, *Thèse de Pharmacie*, p. 41 (Fac. de Pharm., Paris, 11 juillet 1921).

Le papier qui a subi l'action du gaz est plongé dans une solution d'iodure de potassium à 5 pour 100, lavé à l'eau distillée et séché. Toutefois, cet auteur n'a effectué cette sensibilisation que sur un papier devenu jaune vif, c'est-à-dire ayant subi l'action d'une assez grande quantité d'hydrogène phosphoré. Le changement de teinte est alors peu important. Si, au contraire, nous sensibilisons du papier ayant subi une très faible action du gaz et dont la teinte varie du blanc au jaune pâle, nous obtenons des colorations variant du jaune pâle au rouge orangé (saumon). Dans les mêmes conditions, l'hydrogène arsénié se révèle par une teinte brun rouge plus ou moins intense. Il est ainsi possible de caractériser les deux gaz, s'ils ne coexistent pas dans le mélange, par comparaison avec des papiers témoins.

Le tableau suivant indique, pour différentes concentrations, les temps d'apparition des teintes pour chacun des papiers réactifs.

Réactifs.	Concentration. $\frac{1}{1000}$.	$\frac{1}{4000}$.	$\frac{1}{50000}$.	$\frac{1}{100000}$.	$\frac{1}{300000}$.	$\frac{1}{500000}$.	$\frac{1}{1000000}$.	Variation des teintes suivant quantités de PH^3.
Ag	–	–	instantané	15″	30″	1′	2′	brun noir
Hg	–	–	3–4′	20′	45′	60′ env.	–	jaune pâle jaune vif
Hg sensibilisé ou iodomercurate alcalin	instantané	–	30–40″	1–2′	–	8–10′	15–20′	jaune–rouge orangé jaune–jaune noirâtre
mercurate neutre	–	30–40″	30′	–	–	–	–	jaune–rouge orangé
Cu	30′	rien après 60′	–	–	–	–	–	noir

L'odorat permet de reconnaître le phosphure d'hydrogène quand sa concentration est supérieure au $\frac{1}{20000}$. Quand elle s'abaisse au $\frac{1}{50000}$, on ne perçoit plus aucune odeur.

Pour une autre série d'expériences, à l'état dynamique, les atmosphères de titre connu sont obtenues dans trois flacons de 10^l reliés entre eux. L'un d'eux communique par un tube-laboratoire de $1^{mm},2$ de diamètre intérieur, avec un flacon réservoir formant aspirateur et dont le débit est réglé à 1 litre/heure. Les papiers réactifs sont utilisés sous forme de bande de papier filtre de $1^{mm} \times 20$, imbibées des réactifs désignés ci-après.

Le tableau suivant indique, pour diverses concentrations, les temps d'apparition des teintes sur les papiers et les volumes correspondants de phosphure d'hydrogène mis en jeu :

Réactifs.	Concentrations. $\frac{1}{70000}$.		$\frac{1}{100000}$.		$\frac{1}{300000}$.		$\frac{1}{500000}$.		$\frac{1}{1000000}$.	
				mm³		mm³		mm³		mm³
NO^3Ag N/10.......	instantané		50″	0,15	1′5″	0,06	1′30″	0,06	3′	0,05
Cl^2Hg à 5 %.......	2′	5mm³	12′	2,0	45′	2,5	90′	3,0	3h	3,0
Cl^2Hg sensibilisé...			1′30″	0,2			6′	0,22	10-12	0,2

En remplaçant le tube laboratoire par un petit barboteur contenant 1^{cm^3} d'une solution de sublimé ou de nitrate d'argent, il apparaît, sur la paroi intérieure du tube plongeant, un anneau jaune très pâle ou noir, correspondant, dans le cas dn sublimé, au passage de $0^{mm^3},5$ de phosphure d'hydrogène, et dans le cas du nitrate d'argent au passage de $0^{mm^3},2$.

Il y a lieu de retenir de cette étude la très grande sensibilité des papiers au nitrate d'argent et au sublimé sensibilisé, ce dernier étant le plus intéressant, puisqu'il donne une coloration spécifique.

La régularité des résultats obtenus aux diverses concentrations permet d'envisager cette technique comme moyen de dosage de traces d'hydrogène phosphoré dans l'air.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le mécanisme de la formation des cétones pendant la distillation sèche des sels d'acides organiques.* Note (1) de MM. **C. Dosios** et **G. Leucaditis**, présentée par M. Ch. Moureu.

La formation de cétones en chauffant des sels d'acides organiques est connue d'ancienne date; ce sujet a été cependant repris ces dernières années par de nombreux savants, à citer MM. Sabatier et Mailhe, qui ont étudié l'action de différents catalyseurs sur les acides en question (2).

Nous nous proposons d'étudier le mécanisme de ces décompositions en utilisant la naissance de cétones asymétriques pendant la distillation d'un mélange de poudres de sels de deux acides différents.

Notons que, quelle que soit l'intimité du mélange, parfaitement anhydre par une dessiccation prolongée dans le vide à chaud, de façon à ne pas avoir de fusion avant la décomposition, chaque grain se décompose pour soi; ceci étant donné, la formation de cétones mixtes exigerait, ou bien l'échange à haute température des groupes alcoyles ou aryles entre les cétones symé-

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 1730; **159**, 1914, p. 217.

triques déjà formées, ou encore la présence de produits intermédiaires symétriques dont chaque molécule contiendrait les groupes en question et qui seraient susceptibles d'un pareil échange.

La première interprétation serait invraisemblable, étant donnée la solidité des liaisons simples entre carbones que présentent les cétones; des expériences, faites d'ailleurs en chauffant un mélange d'acétone et de benzophénone en tube scellé, n'ont pas donné trace d'acétophénone; le résultat n'a pas varié en présence de $CaCO^3$, dont l'intervention à la rigueur aurait pu être soupçonnée.

D'après nous le phénomène s'explique en admettant que la décomposition se fait en deux temps :

$$(RCOO)^2Ca \rightarrow RCO.O.COR + CaO \rightarrow R.CO.R + CaCO^3.$$

Le fait que les sels des métaux sont décomposés par la chaleur en anhydrides et oxydes est de règle en chimie minérale : pour les composés organiques, ces produits réagissent entre eux et aboutissent à d'autres combinaisons.

L'existence de la phase intermédiaire en question est prouvée par les faits suivants :

1° Les anhydrides d'acides organiques sont les seuls corps qui soient aptes, dans les conditions en considération, à échanger leurs groupes caractéristiques.

2° La simple formation des anhydrides ne serait pas suffisante pour expliquer la marche de la réaction; celle-ci exigerait en effet une durée leur permettant de réagir entre eux, dans les interstices laissés par les grains, afin de donner une certaine quantité d'anhydride mixte. Sous ces conditions il faudrait que des traces au moins d'anhydride manifestent leur présence dans les produits de la distillation.

En réalité, l'acétone brute, obtenue par la distillation de l'acétate de calcium, contient toujours de l'acide acétique; celui-ci doit être attribué à l'action de l'anhydride acétique sur les restes d'eau de cristallisation qui sont, dans les conditions industrielles, retenus jusqu'à la température de décomposition. En distillant du benzoate de calcium anhydre, nous avons pu déceler, dans le distillat, l'anhydride benzoïque; ce dernier donne nettement, avec la diméthylaniline en présence de $ZnCl^2$, la réaction du vert de malachite [1] par simple oxydation à l'air. Cette réaction pouvant être

(1) A., 206, 137.

attribuée à la présence d'aldéhyde benzoïque, nous avons recherché ce dernier au moyen de la réaction de la fuchsine avec résultat négatif.

3° Ayant effectué la décomposition du benzoate de calcium dans le vide ($< 1^{mm}$ Hg) nous avons constaté que celle-ci se produit déjà vers 420° au lieu de 550°. Ce fait parle en faveur d'une phase de décomposition correspondant à une réaction d'équilibre, telle que celle en question.

4° Les cétones mixtes ont été également obtenues ([1]) en faisant passer un mélange de vapeurs d'anhydrides sur du $CaCO^3$ chauffé, qui agit alors ([2]) comme l'oxyde de ce métal.

5° Nous remarquerons en dernier lieu que, tandis que des vapeurs d'acide benzoïque, passant sur du $CaCO^3$, ne donnent pas de la benzophénone ([2]) mais des produits de décomposition plus avancée (550°), on peut, à plus basse température, obtenir une cétone mixte contenant le groupe benzoyle, en faisant passer un mélange de vapeurs approprié. Il paraît que la décomposition de l'anhydride mixte ainsi formé se fait à une température plus basse que celle exigée par l'anhydride benzoïque simple. La naissance de l'anhydride mixte pourrait être attribuée à la décomposition d'un sel mixte de formation intermédiaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la tautomérie de deux dibromures de carbure érythrénique.* Note ([3]) de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans le but de contrôler des prévisions théoriques sur l'influence de radicaux négatifs substitués en 1 et 4 dans l'érythrène j'ai entrepris l'étude du tétraméthylérythrène (diisocrotyle) :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C=CH-CH=C<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}.$$

J'ai préparé ce carbure par l'action du bromure d'isocrotyle :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C=CHBr$$

sur le sodium pulvérisé en suspension dans le benzène maintenu à 60°.

([1]) S. et M., *loc. cit.*
([2]) Abegg, *Hbch.* 11, 11, 157.
([3]) Séance du 7 juin 1927.

Grâce à l'emploi systématique de solvants bien anhydres et d'antioxygènes, je suis arrivé à obtenir ce carbure à un état de pureté non atteint jusqu'ici; voici ses constantes :

$$F = 14°,5; \quad Eb = 134°,6 \text{ (corrigé) sous } 750^{mm};$$
$$n_D^{19°,5} = 1,4796; \quad d_{4°}^{17°,8} = 0,7646; \quad \text{R. M.} = 40,98; \quad \text{R. M. théorique} = 38,14.$$

A ce degré de pureté, il est relativement stable.

J'ai ajouté lentement deux atomes de brome par molécule à ce carbure maintenu entre — 20° et — 10° en solution chlorocarbonique. L'évaporation du solvant, effectuée rapidement entre 10° et 12° sous un vide de 3^{mm}, laisse un résidu en majeure partie liquide, mais contenant 10 à 20 pour 100 de cristaux. L'ensemble a été refroidi vers — 20°, puis essoré. Le filtrat, bien que très peu visqueux, porté ensuite à — 33° en présence de nombreux germes, n'a plus cristallisé notablement, mais, abandonné quelques heures en vase clos à la température ambiante, il s'est peu à peu concrétisé en un solide identique à celui provenant du premier essorage.

Celui-ci a été cristallisé à cinq reprises au sein de l'éther anhydre, qui le dissout facilement, par évaporation rapide du solvant. Les cristaux obtenus ainsi ont un aspect très séduisant, mais ils ne tardent pas à se décomposer spontanément, surtout à l'air humide, avec perte d'acide bromhydrique. Aussi convient-il de les étudier avec célérité.

Chauffés au tube capillaire, la température s'élevant d'un degré environ par minute, ils fondent mal de 45° à 50°, mais pris en masse un peu plus considérable et placés dans un tube plongé dans un bain maintenu à 49°, ils fondent lentement de 44°,8 à 45°,2. Ce n'est là qu'un point de fusion apparent, car projetés sur le bloc de Maquenne à une température bien supérieure à 50°, ils n'y fondent encore que très lentement. Le temps nécessaire à la fusion complète de quantités de solide de l'ordre du milligramme décroît régulièrement de 150 secondes à zéro, tandis que la température s'élève de 49° à 72°; 72° semble être une limite inférieure du point de fusion véritable.

Le corps, fondu lentement et maintenu quelque temps au-dessus de 60°, ne se solidifie plus immédiatement, même en présence de germes, lorsqu'on le refroidit; la cristallisation est alors lente et demande environ 2 heures pour être à peu près complète (elle le serait sans doute tout à fait si la fusion n'avait amené une légère décomposition avec dégagement d'acide bromhydrique).

Au contraire, si l'on provoque une fusion brusque par immersion du réci-

pient qui le contient dans un bain maintenu vers 100°, un refroidissement rapide amène une recristallisation intégrale immédiate.

Ce sont tous les caractères d'une tautomérie entre deux formes : l'une le solide isolé, l'autre une forme liquide, d'un même corps.

Tant qu'il y a deux phases en présence, nous sommes dans le cas d'un système univariant, et puisque nous nous imposons la pression, qui est la pression atmosphérique, la température unique, à laquelle les deux phases peuvent coexister, est déterminée. C'est 45° environ. La phase solide est un corps unique, la phase liquide une solution de ce solide dans le liquide tautomère; 72° serait le point de fusion de l'isomère solide; quant à l'autre, sa séparation à l'état pur semble impossible; son point d'ébullition, même sous les pressions les plus réduites, dépasse de beaucoup la température de décomposition.

Par analogie avec ce que l'on sait des dibromures de l'érythrène, j'admets que la forme solide est le dibromure 1.4, trans :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CBr-CH=CH-CBr<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$$

l'autre, la forme liquide, étant le bromure 1.2 :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CBr-CHBr-CH=C<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$$

Ce résultat éclaire singulièrement le mécanisme de la bromuration des érythréniques, qui paraît unique. Dans tous les cas on obtient, semble-t-il, d'emblée le bromure 1.2. Celui-ci, en général en état de faux équilibre à la température ambiante, se transforme à une température un peu plus élevée en bromure 1.4, et la réaction deviendrait sensiblement réversible à une température encore plus élevée, où les bromures sont détruits. Ici l'équilibre a lieu à la pression et à la température ordinaires, ce qui s'explique très bien dans la théorie de la polarité induite. Des substitutions négatives en 1 et 4 augmentent la mobilité du brome en position 4, et diminuent celle du brome en position 2, ce qui favorise la transposition du bromure 1.4 en bromure 1.2.

Enfin, par aucun moyen, même à —20°, je ne suis arrivé à fixer quatre atomes de brome par molécule sur le diisocrotyle; dès qu'on dépasse la moitié de cette quantité, il se dégage quantitativement de l'hydracide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les aldéhydes α-bromées.*
Note [1] de M. **Albert Kirrmann**, présentée par M. Ch. Moureu.

Ayant étudié récemment [2] une méthode de préparation des aldéhydes α-bromées, je me suis proposé de les utiliser pour quelques synthèses. Les réactions observées ont été tout à fait inattendues.

En premier lieu j'ai fait réagir les dérivés de Grignard dans l'espoir d'obtenir des monobromhydrines de glycols, appliquant ainsi une méthode qui a donné de bons résultats dans le cas de l'aldéhyde chlorée [3]. Une réaction parasite par intervention de l'halogène ne paraissait pas beaucoup à craindre, puisque l'expérience montre qu'il faut nettement insister quand on veut faire réagir le chlore de l'aldéhyde chlorée [4], ou celui de la monochlorhydrine du glycol [5].

Or, en faisant réagir C^2H^5MgBr sur l'aldéhyde bromovalérique, je n'ai pu isoler d'autre produit qu'un carbure éthylénique C^9H^{18}.

Eb = 144° corr.; $d^{21} = 0,742$; $n^{21} = 1,4259$; réfr. mol., 43,50; théorique, 43,29.

Il fallait donc penser que deux molécules de magnésien étaient intervenues dans la réaction. Afin d'éviter cet effet, j'ai fait tomber le magnésien dans un excès d'aldéhyde à −10°. Après addition d'eau, la magnésie a été dissoute dans le chlorure d'ammonium pour éviter la déshydratation éventuelle d'un alcool. Dans ces conditions j'ai effectivement pu isoler la bromhydrine attendue. Ayant employé le bromo-œnanthol et le bromure de méthylmagnésium, j'ai obtenu le corps $C^5H^{11}CHBrCH(OH)CH^3$.

$d^{16} = 1,207$; $n^{16} = 1,4751$; réfr. mol., 48,76; théorique, 48,43. $Eb^{12} = 106°-107°$.

Le rendement est pourtant très faible, parce que le corps se trouve accompagné de trois autres produits, qu'une séparation délicate m'a permis d'identifier :

---

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1178.

(3) Helferich et Speidel, *Ber. Chem. Ges.*, 54, 1921, p. 2634. — Lespieau, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1367.

(4) Späth, *Monatshefte*, 35, 1914, p. 463.

(5) Grignard, *Bull. Soc. chim.*, 33, 1905, p. 918.

1° Une cétone $C^8H^{16}O$, donnant une combinaison bisulfitique et une semi-carbazone de point de fusion 123°. L'oxydation permanganique permet d'isoler de l'acide caproïque. Ses constantes sont :

$Eb^{12} = 64°$, $Eb^{760} = 173°$ corr.; $d^{16} = 0,823$; $n^{16} = 1,4196$; réfr. mol., 39,31; théorique, 39,15.

C'est donc certainement la cétone $C^6H^{13}COCH^3$ déjà connue (¹).

2° Un alcool $C^9H^{20}O$:

$Eb^{12} = 79°-80°$; $d^{19} = 0,823$; $n^{19} = 1,4299$; réfr. mol., 45,20; théorique, 45,29.

Cet alcool se déshydrate partiellement pendant la distillation; il est donc tertiaire. Il convient alors de le considérer comme dérivé de la cétone précédente et de lui attribuer la formule $C^6H^{13}C(OH)(CH^3)^2$.

3° Un carbure éthylénique C^9H^{18}, provenant manifestement de la déshydratation spontanée de l'alcool précédent :

$Eb = 146°$ corr.; $d^{16} = 0,738$; $n^{16} = 1,4243$; réfr. mol., 43,59; théorique, 43,29.

Ces résultats sont assez analogues à ceux d'une expérience de Louis Henry (²). Par l'aldéhyde isobutyrique α-chlorée et le bromure de méthylmagnésium, cet auteur a obtenu la chlorhydrine attendue et un alcool tertiaire $(CH^3)^2C(OH)CH(CH^3)^2$. Pour l'interpréter, il suppose une transformation intermédiaire de la chlorhydrine en oxyde d'éthylène, puis nouvelle fixation de CH^3MgBr. Bien qu'il n'ait jamais isolé cet oxyde, la théorie était acceptable. Mais en appliquant ce mécanisme à l'œnanthol bromé, on s'attendrait à un alcool secondaire, qui serait stable dans les conditions de l'expérience. Pour conserver l'idée de Henry, il faudrait admettre que l'oxyde d'éthylène s'isomérise en cétone, ce qui ne paraît pas très plausible. Il ne semble pas qu'on puisse éviter l'hypothèse d'une transposition moléculaire partielle.

Cette hypothèse se trouve confirmée par une autre expérience, toute différente de la première. J'ai attaqué le bromo-œnanthol, fraîchement récupéré à partir de sa combinaison bisulfitique, par de l'hydrate de plomb dans l'intention de saponifier le brome et d'obtenir une aldéhyde-alcool. Contrairement à toute prévision, il s'est formé de l'acide œnanthylique, isomère du produit attendu. Voici les constantes du produit isolé :

(¹) MOUREU et DELANGE, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **29**, 1903, p. 648.
(²) *Rec. Pays-Bas*, **26**, 1907, p. 416.

$Eb^{12} = 115\text{-}116°$; $d^{17} = 0,920$; $n^{17} = 1,4262$; réfr. mol., 36,21; théorique, 36,06; F. = — 11°. Il ne réagit pas sur le brome à froid. Son sel de baryum cristallise en paillettes nacrées dans l'alcool bouillant et contient 34,9 pour 100 de métal (théorie 34,73). C'est donc bien de l'acide œnanthylique. Cette formation d'acide est tout à fait parallèle à l'obtention de cétone par les magnésiens. Il n'est toutefois pas absolument impossible qu'il contienne un peu de son isomère, l'oxyaldéhyde, puisqu'un dosage acidimétrique m'a donné un poids moléculaire apparent de 142 au lieu de 130.

On peut résumer toutes ces observations en disant que les aldéhydes α-halogénées réagissent comme si elles contenaient des halogénures d'acides, même quand on leur a fait subir une purification aussi sérieuse que celle par le bisulfite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la capacité affinitaire du radical para tolyle.* Note de M. **M. Tiffeneau** et Mlle **Jeanne Lévy**, présentée par M. A. Behal.

La capacité affinitaire du radical para tolyle est assez bien connue; on sait d'après diverses méthodes [1] qu'elle est nettement supérieure à celle du phényle et du méthyle et inférieure à celle de l'anisyle. L'étude de l'isomérisation de divers oxydes d'éthylène et de la déshydratation des glycols correspondants nous a permis [2] de préciser d'une façon plus parfaite les relations entre divers radicaux, notamment l'anisyle, le phényle et le méthyle, et de les formuler comme suit :

$$CH^3OC^6H^4 + H > 2\,CH^3 > C^6H^5 + H > CH^3 + H.$$

Nous avons entrepris un travail analogue en ce qui concerne le radical tolyle et nous avons pu constater que si, dans l'isomérisation des oxydes éthyléniques ci-dessous formulés, ce radical se montre, comme l'anisyle,

(1) Baeyer et Villiger, *Halochromie des carbinols* (*D. Ch. Ges.*, 35, 1902, p. 3013). — H. Kauffmann (*Ibid.*, 46, 1913, p. 3788; 52, 1919, p. 1422). — Franzen, *Réduction des Hydrazines* (*J. prakt. Ch.*, 2e série, 97, 1918, p. 61 et 446). — Olivier, *Hydrolyse des chlorures de benzyle* (*Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 41, 1922, p. 301 et 646; 42, 1923, p. 516 et 775; 44, 1926, p. 643; 45, 1926, p. 297). — Lapworth et Schoesmith, *J. Ch. Soc.*, 121, 1922, p. 1391; 123, 1923, p. 2828; 125, 1924, p. 1312 et 2278.

(2) Tiffeneau et Jeanne Lévy, *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 416.

d'une capacité affinitaire supérieure à celle du phényle,

$$Ar.CH - C(CH^3)_2 \text{ (oxyde) } \rightarrow Ar.CH(CH^3).CO.CH^3 \qquad Ar.CH - C(CH^3)_2 \text{ (oxyde) } \rightarrow CHO - C(Ar)(CH^3)(CH^3)$$

Pour Ar = anisyle ou *p*-tolyle. Pour Ar = C^6H^5.

il n'en est plus de même lorsqu'on étudie la déshydratation des glycols correspondants par l'acide sulfurique dilué :

$$Ar.CH\,OH - CO\,H\,(CH^3)^2 \rightarrow Ar.CH(CH^3).CO.CH^3$$

Pour Ar = anisyle.

$$Ar.CHOH.COH(CH^3)^2 \rightarrow CHO.C(Ar)(CH^3)(CH^3)$$

Pour Ar = *p*-tolyle, phényle.

Par contre, la fixation de IOH sur le *p*-tolyldiméthyléthylène montre que le *p*-tolyle se comporte comme l'anisyle et non comme le phényle

$$Ar.CHOH.CI(CH^3)(CH^3) \xleftarrow{+IOH} Ar.CH = C(CH^3)(CH^3) \xrightarrow{+IOH} Ar.CHI.C(OH)(CH^3)(CH^3)$$

Pour Ar = anisyle ou *p*-tolyle. Pour Ar = C^6H^5.

ainsi que le prouve la formation de tolyldiméthylacétaldéhyde dans l'action ultérieure de la potasse.

Ainsi le radical *p*-tolyle, lorsqu'il est comparé à deux méthyles, se rapproche du radical anisyle dans l'isomération de certains oxydes d'éthylène (type semipinacolique) et dans la fixation de IOH sur le dérivé éthylénique correspondant; il se rapproche au contraire du radical phényle dans la déshydratation des glycols correspondants par les acides dilués (type semihydrobenzoïnique), sans doute parce que l'acide renforce ou affaiblit l'un ou l'autre des oxhydryles, et cela d'une manière insuffisante dans le cas de l'anisyle dont la capacité affinitaire est considérable, mais suffisamment dans le cas du *p*-totyle dont la capacité affinitaire se montre ainsi nettement intermédiaire entre celles de l'anysile et du phényle.

Oxyde de p-tolyl-1-méthyl-2-propène-1. — Cet oxyde, préparé par oxydation perbenzoïque du carbure $CH^3C^6H^4.CH = C(CH^3)^2$, bout à 120-125° sous 27^{mm}; il s'isomérise à chaud en présence de traces de $ZnCl^2$ en *p*-totyl-2-butanone-3, bouillant à 114-118° sous 15^{mm} (semicarbazone F. 183-184° [1], oxime F. 68-70°).

[1] Darzens, *Comptes rendus*, 141, 1901, p. 767.

Iodhydrine dérivée du p-tolyl-1-méthyl-2-propène-1. — Cette iodhydrine a été obtenue par action de I et HgO sur le carbure ci-dessus. Sa constitution est établie par l'action de la potasse sèche qui la transforme en *p*-tolyldiméthylacétaldéhyde bouillant à 129° sous 24^{mm} (semicarbazone F. 172°).

$$CH^3\text{-}C^6H^4\text{-}CHOH\text{-}CI(CH^3)^2 \xrightarrow{-HI} CH^3.C^6H^4(CH^3)^2C\text{-}CHO.$$

p-tolyl-1-méthyl-2-propane-diol-1.2. — Ce glycol s'obtient en faisant réagir $IMgCH^3$ sur le *p*-tolylglycolate d'éthyle. Traité à chaud par l'acide sulfurique dilué, il se transforme par transposition semi-hydrobenzoïnique en l'aldéhyde ci-dessus mentionnée, déjà obtenue par Auwers (¹). Par contre, l'acide sulfurique concentré transforme à froid le même glycol en *p*-tolyl-2-butanone-3 mentionnée ci-dessus, par transposition semipinacolique et peut-être aussi, en partie, par une transformation secondaire de l'aldéhyde en cétone. On constate en effet que cette aldéhyde, régénérée de sa semicarbazone, ou la semicarbazone elle-même donnent par SO^4H^2 la *p*-tolyl-2-butatone-3.

Oxyde de p-tolyl-1-phényl-2-éthylène. — Cet oxyde (F. 59-60°) obtenu par oxydation perbenzoïque du *p*-méthylstilbène s'isomérise par chauffage en présence de traces de $ZnCl^2$ en *p*-tolylphénylacétaldéhyde (Éb. 190-192° sous 22^{mm}. Semicarbazone F. 153-154°) qu'on obtient également par isomérisation spontanée à chaud de l'oxyde de *p*-tolyl-1-phényl-1-éthylène préparé lui-même par oxydation perbenzoïque du carbure correspondant.

Conclusions. — La fixation de l'acide hypoiodeux sur le *p*-tolyldiméthyléthylène et l'isomérisation de l'oxyde dérivé du même carbure montrent que la capacité affinitaire du *p*-tolyle, comme celle de l'anisyle, est suffisante pour l'emporter en présence d'un atome d'hydrogène sur deux radicaux méthyles. Toutefois, la capacité du *p*-tolyle reste inférieure à celle de l'anisyle, car dans les glycols correspondants, seul l'anisyle l'emporte sur deux radicaux méthyles.

GÉOLOGIE. — *Sur la bordure nord-est du Massif crétacé du Bas-Aragon.* Note (²) de MM. P. Fallot et R. Bataller.

Nous avons esquissé en 1926 (³) les grands traits structuraux du Bas-Aragon et du Maestrazgo : un ensemble de plis, parallèles au littoral, prolonge vers le Sud-Ouest la chaîne côtière catalane sur environ 20^{km} de

(¹) Auwers, *Ber.*, **49**, 1926, p. 2395.
(²) Séance du 7 juin 1927.
(³) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 226, 275, 398.

largeur. D'autres plis axés NNO-SSE forment l'intérieur du Massif et y prolongent les directions de la chaîne Ibérique. Vers Montalban-Alcorisa-Calanda les accidents poussés au Nord chevauchent localement les conglomérats oligocènes, qui forment ici le terme le plus ancien de la série de remblaiement continental du bassin de l'Èbre.

Une coupe de la Cañada de Benatanduz à Peñarroya de Tastavius par Santolea et Zorita, nous a permis de faire les observations complémentaires suivantes.

L'anticlinal de la Cañada naît au sud-est de Fortanete et s'étend vers le Nord jusqu'à Montorio où il paraît se terminer brusquement, périclinalement. Le synclinal de Santonien et de Garumnien qui lui fait suite au Nord-Est s'étend, réduit au Santonien, jusqu'à l'ouest de Villarluengo. Il est déjeté au Nord-Est, à l'ouest de Villarluengo. Sans doute est-ce à son prolongement qu'il faut rapporter une cuvette écrasée et tordue qui s'étend du bas du Rio de Pitarque au nord du pont de la route d'Ejulve sur le Guadalope. Le Calcaire à Hippurites y accompagne des gypses blancs néocrétacés. Outre les accidents orientés NNO-SSE, existent de faibles plis transversaux parallèles à ceux de la chaîne littorale, en particulier vers Fortanete. La torsion de la cuvette de Crétacé à gypse semble aussi due à l'influence de ces poussées SE-NO.

Au nord-est de Villarluengo, le Guadalope, profondément encaissé dans des couches redressées, coupe le flanc sud de l'anticlinal de la Sierra de la Garrocha, qui, orienté E-W, montre du Kimméridgien à Ammonites supportant du Crétacé inférieur continental avec épisode de gypses. Localement, des poudingues, sans doute oligocènes, sont impliqués dans les plissements et ramenés à la verticale. Le pli s'ennoie vers l'Est près d'Aljecira. On retrouve vers le Nord, jusqu'à la ride d'Alcorisa, cette même direction de plissements, et, 15^{km} au Nord-Est, Castellote est bâtie sur les couches verticales du flanc nord d'un pli asymétrique, déjeté au Nord, appartenant au même système. Mais ici, dès les abords du Guadalope et jusqu'au sud de Las Parras, le Crétacé continental à Lignite montre des plis axés NE-SW, interférant avec les plis E-W. Cet Aptien, figuré comme Trias sur la Carte au $\frac{1}{400000}$, nous a fourni des intercalations à faunes marines. Entre Las Parras et Zorita on atteint de puissants conglomérats tertiaires dont la série complexe, transgressive sur le Crétacé plissé, a subi elle-même, au moins quant à sa partie inférieure, des plissements axés NE-SW et NNE-SSW. Les plis de la Sierra de San Marcos, au nord de Morella, dont nous avons signalé la direction NNW-SSE, s'incurvent vers Zorita

pour devenir presque E-W. Entre Torre de Arcas et Herbés, parmi les sommets calcaires et dolomitiques, peut-être en partie jurassiques, domine la direction E-W. Dès 1^{km} au nord des Herbés, un synclinal étroit de Poudingues tertiaires, pincés dans le Crétacé déversé au nord de la Sierra de Cogulla, représente peut-être la suite du synclinal de Beccite. Au nord-est de ce pli, après une nouvelle ride déjetée de calcaires aptiens, on aborde la série détritique de la dépression de l'Èbre. Au nord de Peñarroya de Tastavius, les conglomérats redressés sont dominés, voire renversés par le flanc d'un anticlinal de Secondaire, longé sur 10^{km} par la route de Valderrobles, qui représente le prolongement sud-ouest de l'anticlinal séparant le synclinal de Beceite de la dépression de l'Èbre. Vers Valderrobles, les formations rousses horizontales, tortoniennes (Royo-Gomez) cachent les conglomérats plissés et leur contact avec le flanc nord-ouest de l'anticlinal.

Conclusions. — Puisque, ainsi que nous l'avons montré en 1926, la chaîne Ibérique n'atteint pas la mer, l'étude des cartes et les synthèses de M. Argand [1] tendraient à faire admettre que l'ensemble de cette chaîne et de la chaîne côtière catalane forme une virgation dirigée NNE-SSO. A la présence — du reste non absolument contradictoire — du déversement des plis vers le bassin de l'Èbre, s'ajoute, contre cette interprétation, le fait de l'interférence des deux systèmes de plis, interférence sensible dans l'intérieur du Massif du Bas Aragon et *aussi* dans la concavité même qui correspondrait à la partie interne de la virgation, où devrait exister au contraire un régime des plis accentués et régulièrement incurvés. Sauf nouvelles découvertes, il semble donc bien y avoir dans la région étudiée la trace de deux efforts dirigés, l'un au Nord-Ouest, l'autre à l'Est-Nord-Est, indépendants bien que plus ou moins simultanés.

Outre le déversement de la chaîne Alcorisa-Calanda contre l'Oligocène qui se trouve au Nord et dont nous avons vérifié le prolongement Est au moins jusqu'à 2^{km} au nord de la Cañada de Verich, on note la trace de mouvements plus récents qui ont affecté le Tortonien du bassin de l'Èbre, le plissant en un large synclinal suivi d'un anticlinal auquel correspond, 24^{km} au nord d'Alcorisa, le petit sommet jurassique du Puig Moreno. Ainsi, les plissements tardifs que l'on ne connaissait que vers Téruel et la chaîne littorale se sont aussi fait sentir dans le sud du bassin de l'Èbre.

---

(1) E. Argand, *La Tectonique de l'Asie* (*C. R. du XIIIe Congrès géologique international*, Liége, 1924, p. 172 à 372. En particulier, *fig.* 8).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques dans le centre et l'ouest de la France.* Note (¹) de M. **E. Tabesse**, transmise par M. G. Ferrié.

Au cours de l'année 1926 nous avons poursuivi les mesures magnétiques organisées par la sixième section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale et visité quarante-deux stations appartenant aux départements de la Charente-Inférieure, des Deux-Sèvres et de la Vienne. Parmi ces stations dix-sept font partie du réseau de Moureaux, les autres sont nouvelles.

Les résultats des mesures, ramenés au 1er janvier 1922, sont consignés dans le tableau suivant :

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
Département de la Charente-Inférieure.				
Chapus (Le)	13°.17',6	62°.25',9	0,20977	Presque calme.
Château d'Oléron (Le), I	13.22,8	»	0,20892	Calme.
» II	13.22,6	62.32,0	0,20916	Presque calme.
Coubre (La)	13.21,2	62.21,9	0,21014	Peu agitée.
Jonzac	12.55,9	61.59,3	0,21141	Calme.
Marennes	13.13,8	62.28,1	0,20939	Calme.
Matha	12.56,7	62.24,0	0,20942	Calme.
Montendre	12.49,1	61.53,0	0,21186	Presque calme.
Pons	12.51,7	62. 6,8	0,21098	Calme.
Rochefort	13.16,5	62.36,1	0,20891	Calme.
Rochelle (La), I	13.30,3	62.39,9	0,20782	Peu agitée.
» II	13.21,8	62.42,5	0,20796	Peu agitée.
Royan	13.12,6	62.18,9	0,21008	Presque calme.
Saint-Jean-d'Angely	13. 4,8	62.33,0	0,20906	Calme.
Saintes	13. 1,4	62.22,9	0,21008	Presque calme.
Saint-Martin-de-Ré	13.22,0	62.48,7	0,20803	Presque calme.
Département des Deux-Sèvres.				
Beauvoir-sur-Niort	13. 4,4	62.44,3	0,20831	Calme.
Bressuire	13.13,5	63.19,8	0,20482	Peu agitée.
Châtillon-sur-Sèvres	13.22,0	63.21,4	0,20432	Presque calme.
Chef-Boutonne	12.51,9	62.34,0	0,20874	Presque calme.
Coulonges-sur-l'Autize	13.10,9	62.56,8	0,20660	Calme.
Mauzé	13. 8,4	62.42,8	0,20789	Calme.

(¹) Séance du 7 juin 1927.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique.
	° ′	° ′		
Mazières-en-Gâtine	12.59,9	62.52,5	0,20662	Calme.
Melle	12.57,4	62.43,3	0,20808	Calme.
Moncoutant	13.14,5	63. 9,7	0,20571	Calme.
Niort	13. 2,7	62.50,0	0,20764	Presque calme.
Parthenay	13. 3,0	62.58,7	0,20600	Calme.
Saint-Maixent	13. 1,3	62.51,4	0,20689	Calme.
Sauzé	12.16,8	62.31,2	0,21008	Peu agitée.
Thouars	12.59,4	63.21,9	0,20493	Presque calme.
Département de la Vienne.				
Châtellerault	12.41,5	63. 6,7	0,20488	Presque calme.
Chauvigny	12.36,7	62.52,9	0,20659	Calme.
Civray	12.57,8	62.32,3	0,20874	Presque calme.
Isle-Jourdain (L')	12.31,3	62.48,0	0,20678	Presque calme.
Loudun	12.58,6	63.20,8	0,20409	Calme.
Lusignan	12.51,0	62.52,2	0,20707	Calme.
Montcontour de Poitou	13. 9,4	63.19,4	0,20407	Calme.
Montmorillon	12.35,4	62.44,5	0,20731	Peu agitée.
Neuville de Poitou	12.48,1	63. 2,4	0,20627	Peu agitée.
Poitiers	12.44,8	62.54,8	0,20636	Presque calme.
Saint-Georges, I	12.40,5	»	0,20645	Calme.
» II	12.43,4	62.58,8	»	Presque calme.
Saint-Savin-sur-Gartempe	12.26,8	62.49,1	0,20700	Peu agitée.
Vaux	12.54,4	62.53,8	0,20692	Presque calme.
Vivonne	12.43,1	62.49,9	0,20699	Peu agitée.

La comparaison de ces résultats avec ceux obtenus par Moureaux donne les variations séculaires des éléments magnétiques pour la période 1er janvier 1896-1er janvier 1922.

Les valeurs moyennes de ces variations sont les suivantes :

Déclinaison	—2°,51′
Inclinaison	—0°,48′
Composante horizontale	+0,0029

La répartition des éléments magnétiques est généralement normale, sauf dans la région de Civray où paraît exister une assez forte anomalie, principalement pour la déclinaison.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur un appareil enregistreur pour l'étude océanographique des courants de profondeur.* Note [1] de M. **P. Idrac**, présentée par M. J.-L. Breton.

Il y a grand intérêt, pour l'étude de la circulation des eaux de la mer, à obtenir un enregistrement continu de la direction et de la vitesse des courants de profondeur. C'est dans ce but que j'ai construit le nouvel appareil suivant destiné à ces recherches.

Une boîte cylindrique en laiton à parois épaisses, destinée à résister aux fortes pressions des fonds marins, peut se fermer à l'aide d'un couvercle autoclave et s'orienter dans la direction du courant au moyen d'un gouvernail souple permettant d'amortir complètement les oscillations propres du système.

Cette boîte contient un appareil enregistreur photographique muni d'un tambour mu par un mouvement d'horlogerie et entraînant une pellicule sensible sur laquelle s'enregistre en fonction du temps la direction et la vitesse du courant.

Pour cela, la même boîte contient une boussole agencée d'une façon spéciale et dont la roue est remplacée par un cadran noirci muni de repères lumineux, Par image de ce cadran, un système de fente et de lentille permet d'obtenir sur une partie de la pellicule, un point lumineux traçant une courbe dont les abscisses sont proportionnelles au temps et les ordonnées fonctions de l'angle de la direction du courant avec l'Est, si le courant est compris entre le NE et le SE. Cette courbe est dédoublée (formée de deux courbes parallèles contiguës) quand le courant est compris entre le SE et le SW, triplée quand il est entre le SW et le NW, et quadruplée entre le NW et le NE.

On peut ainsi, sur le graphique, repérer toutes les directions du courant en fonction du temps avec la précision du degré.

L'autre partie de la pellicule est réservée à l'enregistrement de la vitesse du courant. Dans ce but, un moulinet placé à la partie inférieure de la boîte cylindrique est entraîné par le courant liquide, et un contact électrique se produit tous les 60 tours du moulinet. Ce contact permet, par un agencement photographique spécial, d'obtenir sur la pellicule un trait

---

[1] Séance du 7 juin 1927.

impressionné. Le nombre de traits sur la pellicule permet, après étalonnage préalable, de connaître la vitesse du courant dont la direction est enregistrée sur la deuxième partie de la pellicule.

A cet appareil peut s'adjoindre un enregistreur de température formé d'une tubulure latérale en cuivre rouge à l'intérieur de laquelle est intimement soudé un thermomètre bilame très sensible, dont les indications sont enregistrées sur un tambour. Cet appareil se met en équilibre de température dans un courant de 1 nœud en moins de deux minutes à 0°, 2 près.

L'éclairage nécessaire au fonctionnement de l'appareil est obtenu au moyen d'un petit accumulateur à liquide immobilisé, placé dans l'instrument.

Cet appareil, réalisé avec l'aide de l'Office national des Recherches et Inventions, déjà expérimenté sur les côtes du Cotentin, est destiné à être spécialement utilisé cet été à bord du *Pourquoi-Pas?*, où le commandant Charcot se propose d'étudier les fluctuations des courants sous-marins dans la Manche, et sur les bancs de Rockall et de Porcupine.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'origine et les caractères des éléments oléifères des Jungermaniales*. Note [1] de M. **Pierre Gavaudan**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les cellules des Jungermaniales renferment, au même titre que celles des Marchantiales d'ailleurs, des éléments spéciaux, généralement nommés *corps oléiformes* par les auteurs. Ce qui différencie surtout les oléocorps de ces deux catégories d'hépatiques, c'est leur présence dans toutes les cellules sans exception chez les Jungermaniales, et seulement dans certaines cellules privilégiées ayant un caractère sécréteur chez les Marchantiales. D'après les travaux récents de P. Dombray [2] les éléments oléifères de toutes les hépatiques seraient d'origine vacuolaire. Les observations que nous avons faites et concernant les Jungermaniales ne nous permettent pas de souscrire à la généralité de cette proposition.

Nos recherches ont porté spécialement sur *Madotheca platiphylla*. Les corps oléiformes sont au nombre de quinze à vingt environ dans les cellules

---

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) P. Dombray, *Contribution à l'étude des corps oléiformes des hépatiques des environs de Nancy*, Thèse, Paris, 1926, Série A, n° 1075, 1887, p. 121.

de cette hépatique où on les trouve de façon constante. Ce sont, dans les cellules adultes, de petits corpuscules de dimensions plus réduites que celles des plastes, d'aspect fusiforme ou sphérique selon les cas. La coloration vitale et la fixation nous ont permis de nous rendre compte de la position des éléments oléiformes dans la cellule. Si l'on colore des cellules embryonnaires par le rouge neutre ou le bleu de crésyl par exemple, on voit généralement une seule vacuole centrale par cellule, colorée vitalement, les plastes sont normaux, arrondis ou en ellipse, encore petits et faiblement chlorophylliens. A ce stade on ne voit pas encore trace de corps oléiformes ni dans la vacuole ni dans les trabécules cytoplasmiques. Les éléments oléifères apparaissent soudainement; ils ont alors une forme particulière, différente de celle qu'ils auront à l'état adulte. Ce sont de petits disques plats d'un côté, concaves de l'autre et souvent légèrement gauchis, ils sont incolorables par les réactifs vitaux ordinaires. S'ils se présentent sous des aspects différents à première vue, ce n'est qu'un polymorphisme apparent dû aux modalités variables de l'orientation. De face on voit les éléments oléifères sous l'aspect de disques réguliers; de trois quarts, ce sont des verres de montre ou des hématoblastes; de profil, des bâtonnets incurvés. Pour un observateur non averti, il est assez difficile, au premier abord, sur le vivant, de les distinguer des plastes; la teinte verte des chloroplastes se diffractant dans le cytoplasme et dans ces corps. Les éléments oléifères ne sont pas disposés irrégulièrement dans les cellules embryonnaires, mais constituent généralement une couronne encerclant la vacuole, les chloroplastes formant une seconde couronne plus externe. Par la suite, au fur et à mesure que la cellule s'accroît, les jeunes oléocorps deviennent plus gros et atteignent graduellement, par régularisation de leur forme, l'état définitif adulte de fuseaux ou de sphérules. L'iode est sans action sur les corps oléiformes, l'acide osmique leur donne une teinte brune.

Les résultats de l'étude sur matériel fixé concordent avec les résultats obtenus sur le frais; ils montrent la position intracytoplasmique de ces corps à côté des plastes. Les fixateurs à base d'acide osmique sont les seuls qui dans ce cas nous ont donné de bons résultats. Une forte concentration en acide osmique montre des éléments oléifères absolument noirs, sur lesquels aucune coloration ne prend naturellement car il est difficile de régresser par l'eau oxygénée.

Une proportion plus faible d'acide osmique permet de fixer les oléocorps sans les noircir et permet une coloration ultérieure. Sur des préparations colorées par la fuchsine acide et le vert lumière, les corps oléiformes appa-

raissent colorés en vert, les autres éléments cellulaires étant colorés en rouge.

De l'ensemble de nos observations sur *Madotheca platiphylla* nous concluons que les éléments oléifères naissent non pas aux dépens du vacuome mais du cytoplasme, à l'instar des gouttes d'huile qu'on y rencontre.

Nous avons pu également déterminer avec précision la position des oléocorps des poils de la région du sommet végétatif dans *Radula complanata*. Dans les poils de cette hépatique, les oléocorps se présentent sous l'aspect de vésicules réfringentes arrondies. Les colorants vitaux les colorent ou non selon les cas. On les voit très nettement dans le cytoplasme, sont bien distincts des vacuoles qui sont colorées vitalement et renferment des endochromidies massées généralement à la périphérie. Nous avons fait des observations analogues dans les tissus embryonnaires de *Diplophyllum albicans*, en ce qui concerne l'identité des formes primitives. Là comme dans *Madotheca* le jeune oléocorps est d'abord un verre de montre ou un disque avant de prendre l'aspect composé muriforme qui est l'état définitif.

L'absence de colorations vitales précises des vacuoles des cellules embryonnaires ne nous a pas permis de situer la situation précise à l'origine des éléments oléifères de *Diplophyllum albicans* comme nous avons pu le faire pour *Madotheca platiphylla*. On a cependant l'impression vus les caractères identiques de ces oléocorps que leur origine peut être aussi cytoplasmique.

Les mêmes remarques s'appliquent à *Plagiochila asplenioïdes*, *Lophocolea bidentata*, *Scapania nemorosa*, *Metzgeria furcata*, *Frullania dilatata* que nous avons aussi étudiés.

Nous dégageons les conclusions suivantes concernant les éléments oléifères des Jungermaniales :

1° Constitution simple ou muriforme, dimensions voisines de celles des plastes.
2° Présence dans toutes les cellules de l'hépathique.
3° Généralement incolorabilité des jeunes éléments par les colorants vitaux.
4° Apparition soudaine dans le méristème.
5° Origine cytoplasmique sûre dans certains cas.

HISTOLOGIE. — *La rénovation de l'épithélium de l'intestin moyen du Criquet égyptien* Orthacanthacris (Acridium) ægyptia *L.* Note [1] de M. **A. Ch. Hollande**, présentée par M. Henneguy.

La vie très longue (plus de huit mois parfois) que présente, à l'état d'imago, le Criquet égyptien, permet d'étudier et de suivre, chez cet Insecte phytophage, la régénération de l'intestin moyen.

Un tel épithélium comprend chez l'Insecte adulte : 1° des faisceaux de cellules sombres disposées en éventail, à protoplasme riche en matières albuminoïdes et fortement colorable.

2° des amas de cellules claires, imbriquées les unes sur les autres, à protoplasme peu chargé en substances protéiques; leurs noyaux sont souvent en voie de multiplication.

Les cellules sombres sont les éléments chargés de la sécrétion et de l'absorption. Les cellules claires représentent les cellules sombres à l'état jeune; les amas des cellules claires constituent la crypte de régénération; les cellules claires dérivent, par multiplication caryocinétique, d'une cellule située à la base de la crypte, que l'on peut appeler cellule initiale.

Les cellules claires, en se développant, se juxtaposent le long des faisceaux des cellules sombres; elles sont destinées à remplacer ces dernières au fur et à mesure de leur rejet dans la lumière intestinale.

L'origine des cellules initiales des cryptes de régénération est mal connue chez l'Insecte, surtout chez l'Insecte à métamorphoses incomplètes. J'ai pu, chez l'imago de *O. ægyptia*, suivre la formation de ces éléments.

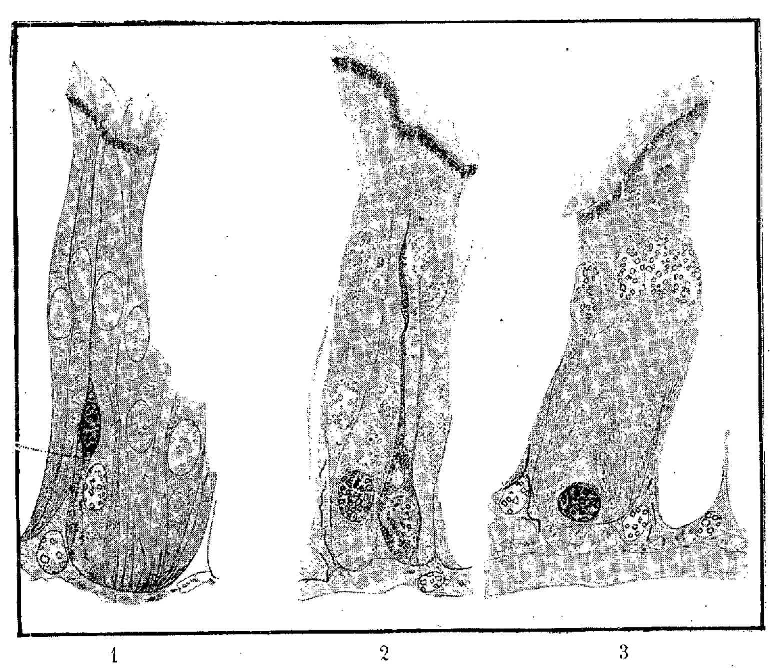
La cellule initiale, qui va donner naissance à une crypte de régénération, n'est en effet, chez cet Acridien, que la transformation d'une cellule dérivant antérieurement d'une cellule claire de la crypte de régénération, et située le plus souvent entre les faisceaux de cellules sombres et les amas des cellules claires. Dans une crypte de régénération, on constate qu'à un moment donné le noyau de la cellule initiale, après s'être multiplié un grand nombre de fois pour donner naissance à des cellules claires, cesse d'entrer en division caryocinétique.

On voit alors une des cellules claires née récemment, mais déjà bien différenciée, subir des transformations particulières : tout d'abord, son noyau

---

(1) Séance du 7 juin 1927.

devient plus colorable par enrichissement de chromatine, puis le ou les nucléoles émettent dans le protoplasme de petits grains chromatiques; ce sont là autant de chromidies fortement fuchsinophiles (coloration à la fuchsine acide d'Altmann) et visibles *in vivo*; en nombre peu élevé au début, les chromidies remplissent bientôt tout le cytoplasme de la cellule sous la



Les figures 1 à 3 représentent trois stades différents d'une même cellule initiale; obj. 6 × oc. 1,30 Leitz, réduit de un demi.

Fig. 1. — Cellule initiale au début de sa différenciation; émission des grains chromidiaux; le noyau de la cellule est très éloigné de la membrane basale.

Fig. 2. — Le noyau est proche de la membrane basale; le protoplasme est riche en grains chromidiaux.

Fig. 3. — Cellule initiale peu avant sa division karyokinétique; autour du noyau, mince couche de cytoplasme avec rares grains chromidiaux. La cellule occupe la place où se formera la nouvelle crypte de régénération.

forme de petites granulations sphériques. La cellule à grains chromidiaux se présente à ce stade sous une forme étirée et est plus ou moins comprimée par les amas de cellules claires et les faisceaux de cellules sombres.

Dans la suite, le noyau de la cellule à chromidies qui occupait la partie médiane ou le tiers inférieur de la cellule se rapproche de la membrane basale; le protoplasme de la cellule est en même temps entraîné par la chute nucléaire. Ainsi, peu à peu, la cellule qui, primitivement, était étirée, allongée, devient piriforme et finalement ronde.

Arrivé tout proche de la membrane basale, le noyau se gonfle, son volume s'accroit; à ce moment, les grains chromidiaux se résorbent et disparaissent; le protoplasme, lui aussi, diminue peu à peu de volume; en dernier lieu, il ne forme plus qu'un petit cercle autour du noyau; à cet état, on peut toutefois encore constater parfois dans le protoplasme la présence de rares chromidies.

La cellule à grains chromidiaux est, dès lors, devenue une cellule initiale. Par division caryocinétique de son noyau, elle donnera naissance aux cellules claires qui formeront une nouvelle crypte de régénération.

Un tel processus de formation explique, chez l'imago de *O. ægyptia* tout au moins, les intervalles irréguliers qui marquent les emplacements des cryptes de régénération.

Les cryptes de régénération des cæcums gastriques ont une même origine.

Les chromidies sont facilement altérables par la plupart des liquides fixateurs; en faisant suivre directement les pièces fixées au picro-cupro-formol trichloroacétique (48 heures) d'un mordançage de trois jours dans une solution aqueuse de bichromate de soude à 3 pour 100, elles sont bien conservées.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence de branchies spécialisées chez quelques Copépodes.* Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

Chez les Copépodes, où le cœur fait souvent défaut, la respiration est cutanée ou rectale, et l'on n'a décrit dans ce groupe de Crustacés, aucun organe respiratoire individualisé. Cependant cette opinion classique est trop absolue, comme va le montrer l'observation suivante :

Chez un Calanide nouveau, très abondant dans l'estuaire de la Loire, et que je décrirai prochainement sous le nom de *Diaptomus ligericus* nov. sp., j'ai trouvé de véritables *vésicules branchiales*, annexées au péréiopode V, et très semblables à celles que l'on rencontre communément chez les Phyllopodes.

Dans cette espèce et dans les deux sexes, le deuxième article du basis V est divisé longitudinalement en deux parties qui se continuent par les deux

pattes; mais portent aussi à droite et à gauche, du côté interne, une de ces vésicules. Chez la femelle, où les deux péréiopodes sont semblables et symétriques, les deux vésicules sont de même grandeur. Chez le mâle, où ils sont très inégaux, la vésicule droite est beaucoup plus grande que la vésicule gauche. Chaque vésicule forme une sorte de sac creux, cylindroïde, entouré d'une mince cuticule chitineuse, portant à son extrémité quelques menues épines. Cette cuticule est doublée intérieurement d'une lame de cytoplasme syncytial, à noyaux épars et sans cloisons cellulaires, plus épaisse du côté interne. Tout l'intérieur de la cavité est rempli par le sang (réaction positive de la benzidine), où circulent de nombreux amœbocytes. C'est en somme un lieu d'oxydation au sens de Unna.

Il faut noter que, comme tous les *Diaptomus*, *D. ligericus* possède un petit cœur sacciforme, placé dorsalement entre la limite postérieure du céphalothorax et le premier segment thoracique libre. En raison de la réduction de l'appareil circulatoire, et bien que le cœur ait des pulsations très rapides, a circulation est lente.

Ces vésicules représentent donc des *sacs branchiaux*, individualisés. Des organes analogues se retrouvent chez tous les *Diaptomus* et quelques genres voisins (*Heterocope* G. O. Sars). Je dois ajouter que l'aspect vésiculaire de l'appendice n'est visible que sur le vivant. La fixation à l'alcool ou le traitement à la potasse les déforment, les aplatissent, ou les plissent par suite de la faible résistance osmotique de leurs parois. Aussi ont-ils été, en général, représentés de façon incorrecte.

La signification physiologique de ces organes me paraît indiscutable. Quelle est maintenant leur signification morphologique?

Bien que les branchies des Crustacés soient, en général, figurées par l'épipodite, il n'en est pas de même dans le cas présent.

Chez de nombreux *Diaptomus : D. castor* Jur.; *D. cæruleus* Fisch.; *D. salinus* Daday (qui, d'ailleurs, est voisin de *D. ligericus*); *D. Eiseni* Lillj.; *D. pectinicornis* Wierz., etc., cet appendice est divisé eu deux articles.

D'autre part, son insertion sur le deuxième article du basis permet nettement de l'homologuer avec l'endite presque normal du péréiopode V de *Limnocalances* G. O. Sars et d'*Osphranticum* Forbes.

Cette homologation, d'ailleurs, a déjà été faite par Claus, Schmeil et Giesbrecht.

En résumé, *chez Diaptomus, l'endite du péréiopode V est transformé, dans*

les deux sexes, en vésicule branchiale. Et il en est probablement de même chez d'autres Copépodes ([1]).

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la réaction électrique des cellules végétales et ses relations avec l'excitabilité*. Note ([2]) de M. et Mme **Lapicque**, présentée par M. d'Arsonval.

A. Waller, après avoir observé une réponse électrique dans la rétine soumise à une excitation lumineuse, phénomène qui correspond évidemment à la *variation négative* ou *courant d'action* de Du Bois Reymond pour le nerf ou le muscle, c'est-à-dire suivant la généralisation depuis longtemps classique, à la négativité de tout point actif par rapport à un point en repos, observa une réponse semblable sous l'effet d'une excitation électrique.

Ceci était conforme à ce que l'on pouvait attendre. Mais répétant l'expérience sur des parties de l'œil qui ne paraissent pas fonctionner d'une façon active, notamment le cristallin, il obtint encore un effet analogue. Il est bien entendu qu'il ne s'agit pas d'une décharge de polarisation consécutive au passage du courant excitant; la discrimination est simple, car si l'on inverse ce courant, la réponse électrique ne change pas de sens.

Waller interrogea alors de la même manière toute espèce de tissu animal ou végétal. Dans une étude qui dura plusieurs années, il retrouva ce phénomène, qu'il appelait le *blaze-current*, partout, dit-il, où il y a vie; il en fit donc, à juste titre, un signe de vie, mais il l'interprétait comme une manifestation de l'irritabilité cellulaire; la matière vivante irritée, pensait-il, jette comme une flamme soudaine; c'est cela que signifie le mot *blaze* qu'il n'a pas traduit en français dans ses publications françaises (il parlait et écrivait couramment notre langue), mais pour lequel il avait proposé l'expression « coup de feu »; cette traduction ayant paru équivoque à divers physiologistes français auxquels il l'avait soumise, il y a renoncé ([3]), mais elle nous rend compte de son sentiment sur cette question.

([1]) Il est possible que le cinquième des péréiopode des Harpacticides, lorsqu'il est transformé en lame foliacée comme chez *Thalestris*, *Rhyncoceras*, *Regis*, puisse également avoir un rôle respiratoire. La fonction que lui attribuent plusieurs zoologistes, de couvrir comme un volet et de protéger le sac ovigère est tout à fait discutable.

([2]) Séance du 30 mai 1927.

([3]) *Comptes rendus*, **131**, 1900, p. 485 et 1173

Acceptant cette manière de voir, le *blaze-current* nous avait paru précieux pour étudier l'excitabilité chez les Végétaux; chez les Animaux, on se sert en général d'un mouvement comme signe de l'efficacité de l'excitation; un tel signe s'obtient rarement chez les Végétaux ([1]); la réponse électrique, qui peut être prise également comme signe sur les tissus excitables des animaux, semblait donc indiquée pour généraliser les lois de l'excitation.

Mais quand nous avons repris expérimentalement la question, notamment sur des feuilles vertes et des pétales, nous nous sommes aperçus que l'identification du *blaze-current* à un phénomène d'irritabilité, spécialement au courant d'action, n'est pas immédiatement justifiée; si l'on voulait rester dans les vieilles notions classiques, ce serait plutôt le *courant de repos* de Du Bois Reymond, le *courant de lésion* de Hermann, qui se présenterait comme homologue.

Le dispositif de Waller était le suivant : deux électrodes impolarisables mises en contact avec deux points de l'objet par l'intermédiaire d'un petit amas de kaolin imbibé d'eau physiologique servent à faire passer le courant de rupture d'une bobine d'induction; aussitôt après, ces mêmes électrodes sont mises en circuit avec un galvanomètre ou un électromètre.

Opérant exactement de cette manière, nous avons vu le phénomène indiqué se manifester, mais très capricieusement. Waller, d'ailleurs, a signalé qu'il y a des plantes plus favorables que d'autres. Nous n'avons pas tardé à reconnaître que la condition nécessaire est une asymétrie, soit dans la structure de l'organe interrogé, soit dans le dispositif expérimental; par exemple, entre deux points semblables de la face supérieure d'une feuille, celui qui portera un amas de kaolin plus petit que l'autre, c'est-à-dire une surface traversée par un courant plus dense, deviendra négatif pour une intensité convenable du choc électrique.

Mais par la répétition de ce choc, ou par un choc unique suffisamment intense, la différence de potentiel disparaît. D'autre part le phénomène électrique, poussé à son maximum, est exactement le même, comme valeur et comme decours dans le temps, que par l'effet d'une lésion mécanique, par exemple un coup de bistouri à travers le kaolin, sous l'une des électrodes. Enfin, l'expérience étant faite sur une feuille d'*Aucuba*,

---

([1]) Nous avons étudié un de ces cas sur les Chromatophores de Spirogyres (*C. R. de la Soc. de Biol.*, 87, 15 juillet 1922, p. 510).

on voit apparaître au point que touchait l'électrode devenue négative une tache noire, caractéristique de l'épanchement du contenu cellulaire.

Le sens unique du *blaze-current*, s'il permet de distinguer celui-ci d'une décharge de polarisation, est donc purement contingent et sans signification physiologique. Le choc d'induction agit comme n'importe quelle cause de lésion; suffisamment fort, il tue la cellule, détruisant la semi-perméabilité liée à la vie.

Le processus peut être suivi à l'ultra-microscope sur d'autres cellules, notamment sur les Spirogyres et sur l'épiderme d'Oignon. Le protoplasme est coagulé par des chocs d'induction comme par la section ou l'écrasement de la cellule; d'invisible qu'il était il se révèle d'une blancheur de neige. Ainsi le *blaze-current* n'est un signe de vie qu'en ce qu'il marque le passage à la mort.

Mais des irritations moins violentes produisent dans le protoplasme une opalescence passagère, un nuage qui se dissipe; cette dernière apparence correspond sans aucun doute aux réponses électriques sous maximales, compatibles avec la répétition de l'expérience au même point après un temps de repos. Nous avons affaire alors à une perméabilité relative et transitoire.

Or une série de recherches récentes montrent dans le muscle excité une perméabilité plus grande qu'à l'état de repos. L'altération protoplasmique qui se présente ici comme une étape vers la cadavérisation et n'aboutit à aucune fonction est peut-être l'origine de l'excitabilité des organes différenciés comme le muscle chez les Animaux, comme le coussinet moteur chez la Sensitive. On réunirait ainsi, comme on y a souvent pensé, la négativité d'action à la négativité de lésion. L'étude de cette question vaut la peine d'être reprise.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la détermination du champ visuel anatomique chez les Poissons et les Batraciens.* Note de Mlle **M.-L. Verrier**, présentée par M. Bouvier.

L'existence d'un champ de vision binoculaire chez les Poissons a été signalée pour la première fois chez la Carpe à laquelle Tschermak [1] a reconnu un champ de vision binoculaire de quelques degrés (5 environ). Le

[1] Tschermak, *Studien über das Binocularsehen der Wirbelthiere* (*Archiv gesamm. Physiol.*, 91, 1902, p. 4).

Dr A. Rochon-Duvigneaud ([1]), reprenant l'expérience de Tschermak et employant la même méthode, a conclu aussi à l'existence chez la Carpe d'un champ de vision binoculaire, mais il n'a pu en indiquer l'étendue. Récemment, le Dr L. Roule ([2]) observant le comportement biologique de la Blennie basilic signale chez cette espèce la possibilité de la vision binoculaire.

Ainsi chez les Poissons l'existence d'un champ de vision binoculaire n'a été signalée que chez la Carpe et la Blennie basilic. Aucune mesure précise de l'étendue de ce champ n'a été faite, de même que nous n'avons aucune donnée de la valeur du champ de vision monoculaire.

Chez les Batraciens, l'étendue des champs de vision est moins connue encore. Tschermak, par la méthode employée par lui sur la Carpe, a essayé d'en faire la mesure chez la Grenouille : il n'a donné aucune conclusion à ses expériences.

J'ai repris la méthode de mes devanciers en la modifiant de manière à pouvoir mesurer l'étendue des champs de vision binoculaire et monoculaire chez les Poissons et les Batraciens. Cette méthode, dite de l'image transsclérale, imaginée par Tschermak, perfectionnée par A. Rochon-Duvigneaud, E. Bourdelle et J. Dubar([3]), consiste à décapiter l'animal sur lequel on veut opérer, à mettre à nu les pôles postérieurs des globes oculaires, à placer la tête ainsi préparée au centre d'un cercle gradué autour duquel on peut déplacer une source lumineuse et à observer, à travers la sclérotique, les images de la source lumineuse qui se forment sur la rétine. Cette méthode a donné des résultats précis pour un certain nombre de Mammifères et d'Oiseaux.

Chez les Batraciens et les Poissons, il ne saurait être question d'observer des images transsclérales à cause de l'opacité très grande de la sclérotique et de l'épithélium pigmentaire de la rétine particulièrement développé chez les Poissons. Tschermak et A. Rochon-Duvigneaud avaient décelé l'existence du champ de vision binoculaire de la Carpe en pratiquant une fenêtre à travers la paroi du pôle postérieur de chaque œil et en percevant simul-

---

([1]) A. Rochon-Duvigneaud, *Une méthode de détermination du champ visuel chez les Vertébrés* (*Annales d'occulistique*, **159**, août 1922, p. 565).

([2]) L. Roule, *Un cas de mémoire topographique ou pouvant s'y rapporter chez* Blennius basiliscus C. V. (*Bull. Soc. Zool. de France,* **11**, IV, 1924, p. 368).

([3]) A. Rochon-Duvigneaud, E. Bourdelle et J. Dubar, *Appareils pour la détermination du champ visuel anatomique par la méthode de l'image transsclérale* (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 542.).

tanément la lumière par ces deux ouvertures. Il est évident que cette méthode ne saurait permettre de mesurer l'étendue du champ visuel. Aussi, j'ai employé une technique plus complète et plus précise.

En enlevant la sclérotique qui recouvre le pôle postérieur de chaque œil, jusqu'au niveau de l'Ora serrata, en retirant, chez les Poissons, la glande choroïdienne et en diminuant suffisamment l'épaisseur de l'épithélium pigmentaire, par grattage à l'aide d'un pinceau ou d'un scalpel, il est aisé d'observer ensuite sur la rétine ainsi amincie le déplacement d'une image lumineuse formée sur cette rétine. Cette dissection est facilitée chez les Poissons par l'existence entre la sclérotique et la choroïde d'un espace séreux (1) qui supprime toute adhérence entre ces deux tuniques.

Cette méthode rend possible la mesure de l'étendue du champ de vision anatomique binoculaire et monoculaire.

C'est ainsi que chez deux truites communes j'ai observé l'existence d'un champ de vision binoculaire moyen de 30° et pour chaque œil un champ de vision indépendante un peu supérieur à 60°.

La Grenouille verte possède un champ de vision binoculaire moyen de 40° et un champ de vision monoculaire voisin de 50°.

PHYSIOLOGIE. — *Action du bromure de mésothorium sur la glycémie chez la souris normale et cancéreuse.* Note (2) de MM. **H. Labbé** et **A. Kotzareff**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans une Note précédente (3), nous avons établi que l'injection sous-cutanée de l'émanation du radium provoque, chez la souris blanche normale, une forte hypoglycémie atteignant son maximum entre la troisième et la cinquième heure, suivie d'un retour au taux antérieur vers la vingt-quatrième heure.

Nous apportons des résultats nouveaux obtenus par injection sous-cutanée d'une substance radioactive : le bromure de mésothorium, à des souris normales. Les injections ont été faites sous la peau de l'abdomen de l'animal (à jeun depuis 24 heures) à la dose de 1 microgramme, contenue dans $0^{cm^3},5$ de liquide stérile. Pour ne pas épuiser les souris par

(1) A. Rochon-Duvigneaud et M.-L. Verrier, *Sur l'existence de poches séreuses dans l'orbite et dans l'œil des Téléostéens* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 539).

(2) Séance du 7 juin 1927.

(3) H. Labbé et A. Kotzareff, *Action de l'émanation du radium sur la glycémie chez la souris blanche* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 474).

des prélèvements de sang trop nombreux, nous n'avons effectué sur les animaux que trois prises en 24 heures : la première avant l'injection, les deux autres, 4 heures et 24 heures après l'injection. Le dosage de la glycémie a été fait, comme dans les séries précédentes, par la méthode de Bang, technique de H. Labbé et Nepveux.

I. Chez les souris normales, nous avons constamment obtenu une hypoglycémie constatable 4 heures après l'injection, suivie d'un retour de la glycémie au taux antérieur vers la vingt-quatrième heure, comme le montrent les chiffres suivants :

Temps	1re prise avant injection.	2e prise 4e heure.	3e prise 24e heure.
Glycémie (moyenne)	1,379	1,133	1,378

L'abaissement glycémique moyen a été de $0^g,246$, soit 17,8 pour 100. Le phénomène antérieurement décrit sous l'influence de l'émanation se produit donc dans le même sens et dans des proportions comparables bien que légèrement affaiblies pour le sel de mésothorium. Mais il y a lieu de remarquer qu'il s'agit, dans ce dernier cas, de doses d'unités radioactives considérablement plus petites.

II. En ce qui concerne les souris cancéreuses, nous ne pouvons encore poser de conclusion ferme, ces animaux ayant réagi de deux manières opposées, suivant leur degré de résistance.

a. Un premier lot a bien supporté l'injection (post-mortalité nulle) et a présenté une hyperglycémie peu marquée, mais qui a persisté, en s'accentuant encore, 24 heures après l'injection, ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

Temps	1re prise avant injection.	2e prise 4e heure.	3e prise 24e heure.
Glycémie (moyenne)	1,186	1,242	1,275

b. Un deuxième lot, dont tous les individus sont morts, pendant ou très peu de temps après l'expérience, présentait une moyenne glycémique initiale élevée. L'injection a provoqué une hypoglycémie considérable dès la deuxième prise et plus forte encore 24 heures après l'injection :

Temps	1re prise avant injection.	2e prise 4e heure.	3e prise 24e heure.
Glycémie (moyenne)	1,314	0,933	0,841

Ainsi, d'après les résultats que nous venons d'exposer, la souris cancé-

reuse ([1]) paraît réagir tout à fait différemment de la souris normale vis à vis de l'injection sous-cutanée de bromure de mésothorium, dans les conditions où nous l'avons pratiquée.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *De l'excitation neuro-musculaire par ondes cunéiformes.* Note ([2]) de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Nous désignons du nom d'ondes cunéiformes celles que l'on obtient par l'établissement d'un courant progressif linéaire brusquement interrompu. L'appareil utilisé a déjà été décrit ([3]), mais ici la deuxième rupture intervient sur la dérivation où se trouve le sujet. De plus l'intervalle de temps entre les deux ruptures, durée de l'onde cunéiforme, est réglé à l'aide de l'egersimètre du Pr. Strohl pour les durées brèves, à l'aide d'un appareil à longue chute pour les durées dépassant 10 millièmes de seconde. La fidélité de ces appareils était vérifiée aux divers temps de l'expérience au moyen de notre chronoscope, en sorte que nous pouvons répondre d'une erreur relative inférieure au $\frac{1}{10}$ même pour la durée la plus brève ($0^{\sigma},05$).

Les expériences ont porté sur le sciatique de la grenouille en excitation bipolaire par courant descendant (électrodes de d'Arsonval). Pour chaque pente d'établissement du courant il nous est apparu que trois durées de passage remarquables sont à considérer, autrement dit trois ondes cunéiformes liminaires.

La plus courte est relative au seuil de la secousse de fermeture, secousse qui ne se manifeste que si la pente est supérieure, comme on le sait, à une certaine pente limite. L'onde de durée moyenne, de l'ordre du dixième de seconde, est relative au seuil de la secousse d'ouverture. Pour des durées plus longues, la secousse d'ouverture devient plus intense, passe par un maximum puis diminue, en sorte qu'il y a lieu de considérer un second seuil d'ouverture, à longue durée de passage (un tiers de seconde): c'est à ce seuil que répond la troisième onde cunéiforme pour la pente considérée. Ces secousses d'ouverture s'obtiennent même pour des pentes inférieures à la pente limite. Le

---

([1]) Les souris expérimentées, étaient porteuses de tumeurs greffées et ulcérées (adénocarcinome).

([2]) Séance du 7 juin 1927.

([3]) Ph. Fabre, *L'excitation neuro-musculaire par les courants progressifs chez l'homme* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 699).

phénomène des deux seuils d'ouverture est facile à mettre en évidence pour l'excitation par courants descendants et il s'explique, croyons-nous, par les lois de Pflüger. Cependant il existe aussi pour l'excitation par courant ascendant, mais il nous a paru dans certains cas moins net dans les limites de durée où nous pouvions opérer.

Dans cette Note nous allons préciser la forme des résultats relatifs à la première onde, c'est-à-dire à l'onde courte, excitatrice par fermeture.

Le voltage liminaire en courant continu a été pris égal à 2 volts grâce à des résistances en série avec le nerf, parmi lesquelles un rhéostat de 100000 ohms. La constance de ce voltage a été vérifiée aux divers temps de l'expérience et ses légères variations compensées au moyen du rhéostat. Les résultats expérimentaux portés au tableau ci-après montrent que les voltages V qu'il faut atteindre pour réaliser l'excitation liminaire de fermeture par ondes cunéiformes de durées comprises entre $0^\sigma,1$ et 6^σ ($\sigma = \frac{1}{1000}$ de seconde) suivent une loi hyperbolique analogue à celle énoncée par M. Weiss pour les ondes rectangulaires. Dans ces limites de durée la formule

$$V \text{ volts} = \frac{0,75}{t} + 2,23,$$

où t est exprimé en millièmes de seconde, permet en effet de retrouver les résultats expérimentaux avec une erreur relative la plupart du temps inférieure au trentième. On s'en rendra compte par la troisième colonne de notre tableau où les valeurs calculées au moyen de la formule précédente sont mises en regard des résultats expérimentaux. Au-dessous de $0^\sigma,1$ la formule surestime considérablement les voltages atteints, fait analogue à celui observé avec les ondes rectangulaires. La chronaxie, rapport entre les deux coefficients de la formule est ici de $\frac{0,75}{2,23} = 0^\sigma,33$.

A partir de 7^σ la formule cesse nettement d'être valable : la courbe des voltages atteints se relève et tend vers une asymptote passant par l'origine et ayant pour pente 135 volts à la seconde (pente limite). Courbe et asymptote se confondent pratiquement à partir de 30^σ (durée utile du courant progressif limite).

Le minimum présenté par la courbe des voltages V est largement étalé entre 3^σ et 7^σ : sa valeur est de $2^{\text{volts}},4$, supérieure de $0^{\text{volt}},4$ au voltage liminaire galvanique (2 volts), soit une différence relative du cinquième. Par contre la quantité débitée est beaucoup plus faible.

Ces dernières observations marquent la différence qu'il y a entre l'exci-

tation par ondes cunéiformes et l'excitation par ondes rectangulaires. La question se pose de savoir quelle loi relie les caractéristiques de la branche gauche de la courbe, telles que la chronaxie (ici de $0^\sigma,33$), aux caractéristiques de la branche droite, telles que la constante linéaire (ici de 15^σ, lorsqu'on interroge des objets biologiques d'excitabilités diverses ou artificiellement modifiées.

Grenouille verte — Courant descendant (électrodes de d'Arsonval).

Température = 20°; Voltage liminaire galvanique = 2 volts.

Durée des ondes.	Voltage atteint.	Voltage calculé : V.	Durée des ondes.	Voltage atteint.	Voltage calculé : V.
σ	v	v	σ	v	v
0,05......	12,4	17,20	1..........	2,7	2,9
0,1........	9,6	9,7	2..........	2,6	2,6
0,15......	6,8	7,2	4..........	2,4	2,4
0,2........	6,2	6	6..........	2,4	2,35
0,25......	5,5	5,2	8..........	2,5	—
0,3........	4,5	4,3	13..........	2,6	—
0,35......	4,2	4,7	16..........	2,8	—
0,4........	4	4,1	20..........	3,05	—
0,45......	3,85	3,89	25..........	3,4	—
0,5........	3,75	3,73	30..........	4,1	—

Le voltage atteint au sommet de chaque onde cunéiforme est donné par la formule :

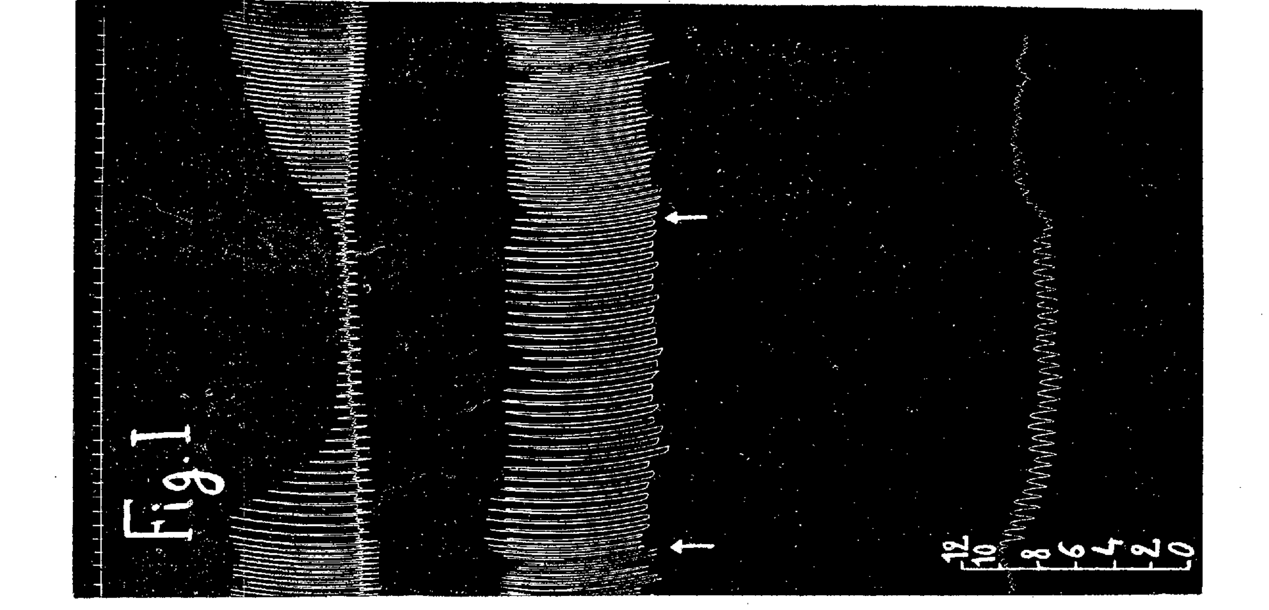
$$V = \frac{i \times t}{C}.$$

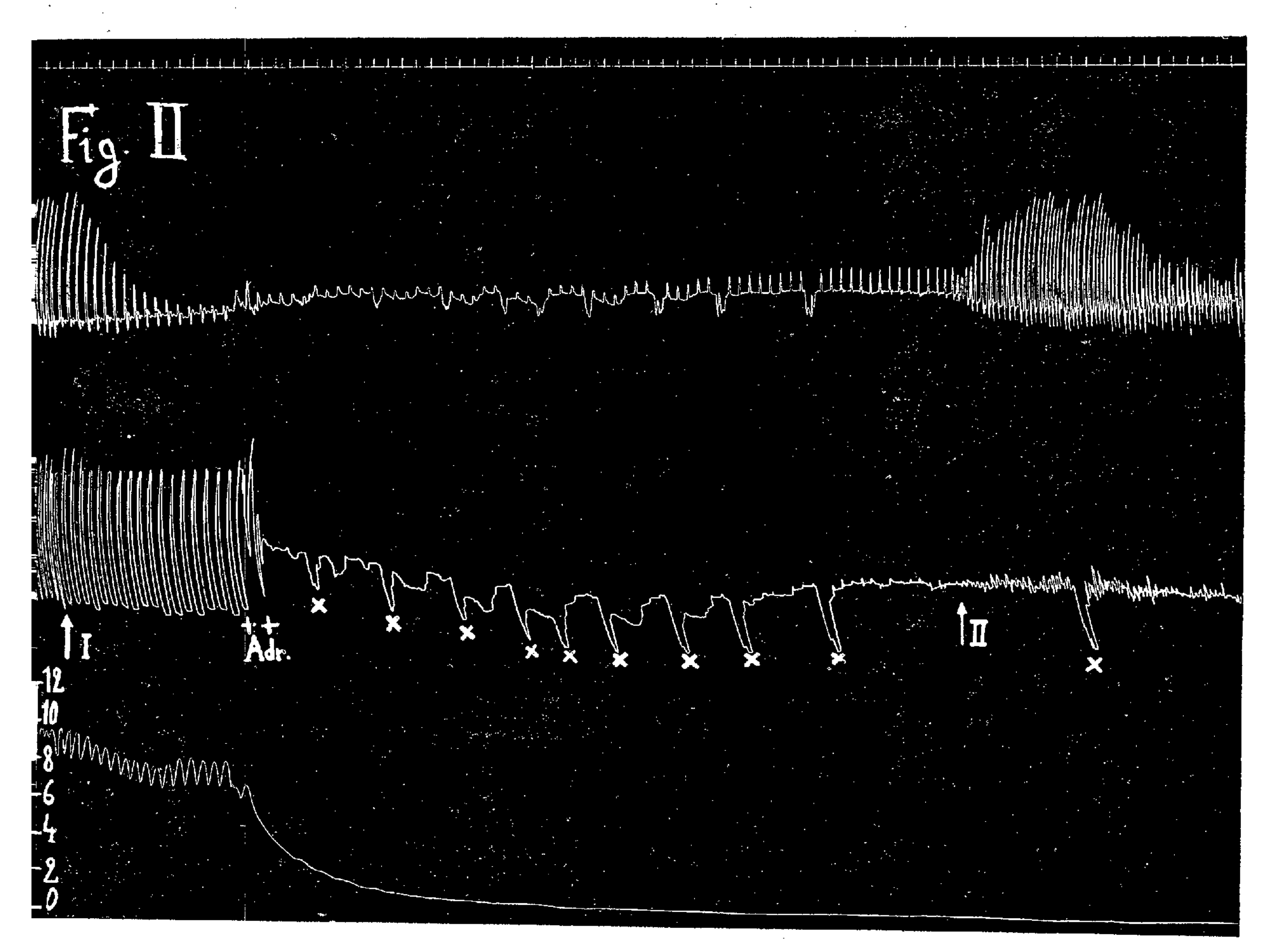
C, capacité de « l'excitateur linéaire » = 1 (microfarad);
i, intensité du courant de lampe utilisé (en milliampères);
t, durée de l'onde (en millièmes de seconde).
Ce sont les valeurs ainsi obtenues qui figurent sous la rubrique : Voltage atteint.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'action cardiaque de l'adrénaline pendant l'excitation du vague.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Kolm et Pick ([1]) ont montré que, sur le cœur perfusé de grenouille soumis à l'action de l'acétylcholine, l'adrénaline a une action inotrope et chronotrope négative et peut même provoquer l'arrêt complet du cœur. Ils en concluent que l'adrénaline est une substance amphotrope dont

([1]) R. Kolm et P. Pick, *Arch. f. experim. Pathologie u. Pharmakologie*, **184**, 1920, p. 79 et suiv.





hien de 12^{kg}, chloralosané (12^{cg} par kilogramme), soumis à la respiration artificielle, vagotomisé et thoracotomisé. — 1re ligne : temps en secondes; 2e ligne : contractions de l'oreillette; 3e ligne : contractions du ventricule; 4e ligne : pression artérielle. — *Fig.* 1. Entre les deux flèches, excitation électrique du vague gauche; écartement des bobines : 9,5; rythme lent. — *Fig.* 2. Entre les deux flèches, excitation électrique du vague gauche; écartement des bobines : 9,5; rythme lent. Entre les deux croix, injection intraventriculaire de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline dans 2^{cm^3},5 de sérum physiologique. Les dépressions marquées d'un × correspondent à des respirations profondes convulsives.

l'action vagale — habituellement dissimulée par suite de la prédominance de l'action sympathique — se manifeste quand le vague a été préalablement excité par un poison.

Ayant découvert (¹) que, chez l'animal soumis à l'action de l'hydrastinine, l'adrénaline a une action inotrope négative qui n'est pas d'origine vagale, nous avons été conduit à rechercher si l'inotropisme négatif de l'adrénaline pendant l'excitation du vague est réellement dû à une action vagotrope de cette amine. Nous avons expérimenté non plus sur le cœur perfusé de grenouille, mais sur le cœur de mammifère *in situ*. Les chiens sont anesthésiés par le chloralosane, soumis à la respiration artificielle, vagotomisés et thoracotomisés. Les contractions auriculaires et ventriculaires sont inscrites par la méthode dite de suspension. On détermine d'abord l'intensité et le rythme que doit avoir l'excitation électrique du vague pour provoquer : d'une part une durable action chronotrope négative à la fois auriculaire et ventriculaire, d'autre part une durable action inotrope négative auriculaire. On soumet alors le vague à l'excitation électrique ainsi déterminée, puis on injecte dans le ventricule $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline en solution dans $2^{cm^3},50$ de sérum physiologique. La pression artérielle tombe aussitôt à 0, cependant que le ventricule s'arrête et que l'oreillette n'a plus que de très faibles contractions. Si l'on cesse alors l'excitation électrique du vague, les contractions de l'oreillette deviennent, pendant quelques secondes, amples et rapides, puis elles diminuent bientôt d'amplitude et de fréquence, mais ne s'arrêtent complètement que plus de 20 minutes après. Quant au ventricule, il présente quand on cesse l'excitation du vague, quelques contractions extrêmement faibles qui n'ont aucun effet sur la pression carotidienne, puis bientôt il s'arrête complètement.

Ainsi donc l'adrénaline injectée dans le cœur pendant l'excitation électrique du vague provoque l'arrêt cardiaque. Si le vague est excité non plus électriquement, mais par un toxique comme le chloroforme, l'adrénaline produit également l'arrêt cardiaque; c'est la syncope adrénalino-chloroformique découverte par Lévy et bien étudiée par cet auteur et par Nobel et Rothberger.

Nous ne pensons pas qu'il faille voir là une action vagotrope de l'adrénaline; car si, dans le cœur d'un chien placé dans les conditions expérimentales décrites ci-dessus on injecte de l'acétylcholine — qui est l'excitant type du

---

(¹) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 774.

vague — on observe des effets absolument différents de ceux produits par l'adrénaline.

BIOLOGIE. — *L'éclosion de l'œuf et les stimulants d'éclosion chez le* Stegomyia *de la fièvre jaune. — Application à la lutte antilarvaire.* Note de M. **E. Roubaud**, présentée par M. F. Mesnil.

Les œufs du moustique de la fièvre jaune (*Aëdes argenteus*, *Stegomyia fasciata*, etc.) sont susceptibles de présenter, en même temps qu'une longue durée de conservation à sec, une grande résistance à l'éclosion en milieu liquide. L'auteur anglais Bacot (¹) qui a le mieux étudié jusqu'ici les particularités biologiques de ces œufs, s'est efforcé de faire ressortir l'influence favorable de certains stimulants extérieurs (froid, réhydratation, salures, actions microbiennes, etc.) dans le déterminisme de la libération des jeunes larves. Mais les résultats de ses expérienees apparaissent essentiellement variables; la réponse de l'œuf aux excitants demeure pour lui subordonnée à une certaine action volontaire des jeunes larves, qui échappe à l'interprétation.

Mes propres recherches m'amènent aux constatations suivantes :

1° Certaines pontes renferment des larves *actives*, aptes à l'éclosion spontanée au bout de 3 à 4 jours. Dans l'eau, même stérile, ces œufs *actifs* éclosent. Les jeunes larves prêtes à l'éclosion s'échappent immédiatement de l'œuf à la moindre excitation (agitation mécanique, froissements, changements dans le milieu liquide, etc.). Ces œufs *actifs* sont inaptes à une conservation prolongée à l'état sec.

2° Les œufs *durables*, plus fréquents et pouvant coexister avec les précédents, sont inaptes à l'éclosion spontanée. Ils renferment des larves en état de vie latente qui supportent pendant des mois dans l'œuf l'anhydrobiose, le flottage ou l'immersion dans l'eau pure. L'éclosion ne survient que sous l'influence d'excitants extérieurs normalement représentés, dans les eaux du développement, par les diastases microbiennes, comme je l'ai montré précédemment avec J. Colas-Belcour (²).

Certains agents physiques (variations thermiques, réhydratation, etc.) ou chimiques (éther sulfurique, permanganate de potasse, eau oxygé-

---

(¹) *Yellow Fever Commission*, 3, 1916, p. 18.

(²) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 248.

née, etc.) peuvent également provoquer l'éclosion, mais les résultats sont médiocres et inconstants.

Par contre l'hypochlorite de soude en solutions faibles se révèle comme un excitant de l'éclosion d'une efficacité comparable à celle des diastases. Des œufs demeurés depuis trois mois dans l'eau, sans éclore, éclosent en moins de 24 heures dans une eau javellisée (¹) à 1 pour 1000, en 1-6 jours à 1 pour 10.000. Les larves nouvellement écloses meurent rapidement dans ces solutions. Les dilutions plus fortes (1 pour 20.000) sont insuffisantes. Les solutions plus concentrées (1 pour 100) tuent les larves dans l'œuf sans provoquer l'éclosion.

L'action stimulante, exercée par les diastases et l'hypochlorite faible sur l'éclosion, n'est pas liée à une simple modification de la paroi de l'œuf (digestion ou ramollissement.)

Les larves n'éclosent pas dans les solutions alcalines faibles qui ramollissent la coque. Les œufs durables ne se distinguent d'ailleurs pas des œufs actifs par des particularités de structure de cette dernière. Les différences portent essentiellement sur l'état physiologique des larves primaires, les unes actives, les autres inactives.

Les larves inactives des œufs durables sont comparables aux larves en asthénobiose de Muscides qui sont réactivées par des excitants brusques (piqûres, brûlures, etc.) (²). Diastases et excitants physiques ou chimiques appropriés réveillent, dans l'œuf, les mouvements d'éclosion des larves inactives et provoquent la reprise de leur métabolisme actif.

La prophylaxie de la Fièvre jaune tirera parti de l'action exercée par l'hypochlorite de soude sur les œufs et les larves de *Stegomyia* à l'éclosion. Dans la pratique antilarvaire courante, les œufs durables échappent complètement aux mesures destructrices. Déposés, parfois en grand nombre sur la paroi intérieure des récipients à eau domestiques, ils y passent inaperçus et entretiennent en permanence le danger de développement des moustiques. Le traitement « révélateur » des récipients suspects par l'hypochlorite à 1 pour 1000, qui provoque l'échappement des larves et leur destruction hors de l'œuf, permettra de stériliser économiquement nombre de germes résistants, peu accessibles, d'infestation stegomyienne. Judicieusement pratiquée de temps à autre, cette opération donnera aux mesures de prospection une sécurité beaucoup plus grande.

(¹) Dilution d'une solution commerciale à 96g environ de Cl au litre.

(²) E. Roubaud, *Études sur le Sommeil d'hiver pré-imaginal des Muscides* (*Bull. Biol. France et Belgique*, 56, IV, 1922, p. 455).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les ferments solubles sécrétés par les Champignons hyménomycètes. Le tanin comme antioxygène.* Note de M. L. **Lutz**, présentée par M. Guignard.

La recherche du pouvoir antioxygène du tanin s'imposait en raison de sa fonction phénol et aussi de ce que Moureu et Dufraisse [1] avaient émis l'opinion du rôle conservateur de l'énergie qu'il pourrait jouer dans la plante.

Cette recherche a consisté dans l'opposition du tanin aux actions à la fois oxydantes et réductrices qui sont exercées par les mycéliums vivants d'Hyménomycètes, afin de ne laisser subsister que les secondes. Dans ce but, le milieu minéral gélosé habituel, privé de manganèse et de fer, a été additionné : 1° de 2 gouttes d'une solution aqueuse de bleu de méthylène à 0,25 pour 100; 2° de 5 gouttes d'une solution aqueuse de tanin à l'éther à 1 pour 100.

Des tubes semblables sans tanin servent de témoins; les ensemencements ont été faits avec *Stereum hirsutum*, *S. purpureum*, *Polyporus versicolor*, *P. pinicola*, *P. igniarius*, *Pleurotus Eryngii.*

Dans ces conditions, le tanin s'est conduit comme un antioxygène très énergique, principalement dans les cultures de *Stereum hirsutum*, *S. purpureum* et *Polyporus versicolor*. Quatre jours après l'ensemencement, les tubes en renfermant présentaient, sous la culture, une zone de brunissement très nette, ne masquant que partiellement un verdissement intense du bleu, qui s'étendait en profondeur bien au delà de la région brune. Par contre, il a fallu de 8 à 15 jours pour que la réduction devienne perceptible dans les témoins.

J'ai ensuite tenté d'opposer le tanin à d'autres antioxygènes : gaïacol, naphtol-α et naphtylamine-α. A cet effet, des tubes de milieu au tanin ont été additionnés respectivement de 1 goutte de solutions aqueuses de gaïacol à 0,01 pour 100, de naphtol-α à 0,005 pour 100 ou de chlorhydrate de naphtylamine-α à 0,01 pour 100, puis ensemencés avec les mêmes Champignons que ci-dessus.

La coloration de ces substances sous l'influence des diastases fongiques a été considérablement retardée : 5 jours avec le gaïacol, plus d'un mois

---

(1) Moureu et Dufraisse, *Sur l'autoxydation : essai sur le mécanisme de l'action antioxygène* (V) (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 624).

avec les deux autres composés. En même temps le tanin s'oxydait et se colorait fortement en brun.

Le tanin, phénol pentatomique, opposé à d'autres corps phénoliques ou à leurs dérivés, lesquels, pris séparément, sont antioxygènes, s'est donc conduit à leur égard comme antioxygène.

On pourrait cependant objecter à ces expériences que le tanin commercial représente plutôt une sorte d'extrait qu'un corps chimiquement défini et que les résultats peuvent s'en trouver faussés.

J'ai, en conséquence, fait une série parallèle d'essais en lui substituant l'acide gallique, lequel s'obtient cristallisé et pur et possède trois fonctions phénoliques. Les résultats ont été strictement concordants.

La grande oxydabilité du tanin sous l'influence des oxydases fongiques peut d'ailleurs être encore mise en évidence d'une manière très simple. Il suffit de prendre des parallélipipèdes de cœur de Chêne, de les soumettre à une série de délavages successifs de très courte durée par l'eau à 120° et de les ensemencer sur la section supérieure au moyen d'un Champignon riche en oxydase, tel que le *Polyporus versicolor*. Les éprouvettes atteignant exactement le stade de vulnérabilité fournissent ainsi des cultures n'envahissant que lentement les faces latérales. On voit alors un brunissement très marqué du bois apparaître au voisinage de la culture, s'étendre jusqu'à une distance de 1^{cm} à $1^{cm},5$, et progresser le long de l'éprouvette au fur et à mesure de l'extension du mycélium.

Ces observations apportent à celles purement chimiques de Moureu et Dufraisse une confirmation d'ordre biologique. La grande oxydabilité du tanin et son pouvoir antioxygène en présence des ferments végétaux étant ainsi démontrés, il suffit que les substances dont l'oxydation peut être modérée ou suspendue par lui jouent un rôle dans le métabolisme végétal, pour qu'il se comporte comme un conservateur de l'énergie intracellulaire.

De plus, cet ensemble de réactions antagonistes, ainsi que l'oxydation finale du tanin qui en résulte, expliquent d'une manière très simple la présence si fréquente des tanins oxydés dans les cellules végétales.

PATHOLOGIE. — *Le sucre protéidique dans divers états pathologiques.* Note [1] de MM. **X. Chahovitch**, **V. Arnovljevitch** et M[lle] **M. Vichnjitch**, présentée par M. Henneguy.

La glycémie protéidique fut étudiée dans certains états pathologiques par Bierry et ses collaborateurs. Ces auteurs ont constaté une élévation de la glycémie protéidique chez des néphritiques, cette élévation pouvant atteindre une valeur supérieure à celle de la glycémie effective. E. Graut et F. Rathery, Bierry et Rathery ont étudié la glycémie protéidique chez des diabétiques. Là aussi, ils ont constaté une élévation de la glycémie protéidique qui n'est pas en rapport avec le niveau de la glycémie effective. Bierry, Rathery et M[lle] Levina ont recherché la valeur de la glycémie protéidique chez des malades atteints de cancer de différents organes. Ils ont remarqué également dans cette affection une augmentation de la valeur de la glycémie protéidique.

Nous avons étudié, à notre tour, la glycémie protéidique chez des malades atteints de différentes maladies. Nos recherches ont porté sur 26 malades dont les diagnostics sont les suivants :

Nom.	Diagnostic.	Sucre libre en grammes pour 1000.	Sucre protéidique en grammes pour 1000.
And.	Cirrhose du foie	1,10	1,10
Atan.	Cancer de l'estomac	1,04	0,78
Yestd.	Néphrite chronique	1,30	0,92
Vork.	Tuberc. pulmonaire, néphrite chronique.	1,33	0,87
Bach.	Broncho-pneumonie	1,44	1,22
Vr.	Péritonite sérofibrineuse	1,00	1,14
Tchuch.	Péritonite sérofibrineuse	1,15	0,98
Rad.	Pneumonie bilatérale	1,08	0,74
Mark.	Bronchite diffuse	1,30	1,73
Dim.	Tuberc. pulmonaire	1,11	1,16
Drud.	Tuberc. pulmonaire	1,33	1,17
Toch.	Pleurésie sérofibrineuse	1,15	0,85
Cham.	Inanition	0,90	0,80
Rad.	Fièvre typhoïde	1,08	1,12
Tchest.	Cancer de l'estomac	1,66	1,67
Ap.	Cancer de l'estomac	1,10	2,05

(1) Séance du 7 juin 1927.

Nom.	Diagnostic.	Sucre libre en grammes pour 1000.	Sucre protéidique en grammes pour 1000.
Bog.	Tuberc. pulmonaire cavitaire	1,55	1,52
Yov.	Tuberc. pulmonaire cavitaire	1,40	1,37
Tom.	Tuberc. pulmonaire cavitaire	1,33	1,20
Sad.	Tuberc. pulmonaire cavitaire	1,20	1,20
Ded.	Fièvre typhoïde	1,10	0,90
Your.	Lithiase biliaire	1,00	0,87
Ber.	Dyspepsie	1,06	0,94
Dob.	Néphrite, myocardite, emphysème	1,30	0,80
Mil.	Pyo-pneumothorax	1,56	1,10
Andr.	Malaria, forme tropique	1,10	1,10

On constate dans toutes nos analyses une augmentation nette de la valeur de la glycémie protéidique. Nous avons trouvé que normalement la glycémie protéidique était en général autour de $0^g,40$ pour 1000. Nous remarquons que nos recherches ont porté sur des malades atteints de tuberculose pulmonaire cavitaire, de cancer de l'estomac, de péritonite sérofibrineuse, de différentes pleurésies, de pneumonie, de broncho-pneumonie, de néphrite chronique, de cirrhose du foie, de malaria, etc.

Tous nos malades étaient dans un état de dénutrition assez prononcée. En général, nous avons obtenu les plus fortes hyperprotéidoglycémies dans les cas où il y avait une plus grande dénutrition. Il est intéressant de noter que Bierry avait constaté une augmentation de la valeur de la glycémie protéidique au cours de l'inanition expérimentale chez le Chien. Très souvent, comme on peut le voir sur notre tableau, nous avons constaté des valeurs de la glycémie protéidique plus élevées que celle de la glycémie effective.

De ces recherches il résulte :

1° Que l'hyperglycémie protéidique n'est pas un trouble spécifique d'une maladie;

2° Qu'elle se rencontre toutes les fois qu'il existe un certain degré de dénutrition;

3° Qu'elle est l'expression du métabolisme général perturbé sous l'influence d'un agent non spécifique.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action du bismuth sur le spirochète du Sodoku dans l'infection expérimentale du cobaye.* Note de MM. **A.-T. Salimbeni** et **R. Sazerac**, présentée par M. F. Mesnil.

Pour le traitement de l'homme atteint de Sodoku, on emploie, à l'heure actuelle, les médicaments de la série arséno-benzolique en injection intraveineuse. Plusieurs séries d'injections de $0^g,10$ à $0^g,60$ sont en général nécessaires pour arriver à la guérison. Notons d'autre part que Ishiwara, dans l'infection du rat, Futaki, Takaki, Tanigushi et Osumi, chez la souris, n'ont jamais pu obtenir la disparition définitive des spirochètes du sang par l'action du salvarsan.

A notre connaissance, l'effet du bismuth sur le spirochète du Sodoku n'a été recherché, jusqu'à présent, que par Apert, Kermorgant et Garcin, sur un enfant de 7 ans atteint de cette maladie. L'enfant, toutes proportions gardées, quant aux doses par rapport à l'âge, fut soumis au traitement que l'on applique à un sujet atteint de chancre syphilitique, et il reçut pendant trois mois plusieurs injections de $1^{cm^3},5$ d'iodobismuthate de quinine. L'emploi de ce médicament ne détermina pas la moindre amélioration appréciable; les accès fébriles furent tout aussi fréquents et les auteurs décidèrent de l'abandonner et de mettre l'enfant au traitement arsenical.

Cet insuccès de l'iodobismuthate de quinine, sur un malade se trouvant en pleine évolution de la maladie, nous a paru par trop insuffisant pour conclure que le spirochète du Sodoku n'est pas sensible à l'action de ce médicament dont le pouvoir préventif et curatif, dans d'autres spirochétoses humaines et animales, est tout à fait remarquable.

Nous nous sommes donc proposé de faire une série de recherches à ce sujet en utilisant un sel soluble, le tartrobismuthate de sodium, comme médicament, et en prenant le cobaye comme animal d'expérience. Suivant les doses infectantes employées, on peut provoquer chez le cobaye une forme septicémique aiguë, mortelle en 15 à 20 jours, ou une forme chronique qui évolue en 2 à 3 mois et présente avec la maladie humaine les plus grandes analogies. C'est sur cette dernière forme que nous avons fait nos premiers essais. Comme matériel virulent, nous avons toujours utilisé le suc de la rate d'une souris infectée de Sodoku, obtenu par broyage sur un fin tamis métallique et émulsionné dans 10^{cm^3} d'eau physiologique. De nombreuses expériences nous ayant montré que 1^{cm^3} de cette émulsion repré-

sente la dose optima pour provoquer chez le cobaye la maladie chronique, c'est cette dose que nous avons employée.

Dans une première série d'essais, 10 cobayes reçoivent, sous la peau du dos, 1^{cg} de tartrobismuthate de sodium (solution aqueuse à $\frac{1}{100}$) pour 100^{g} d'animal. Une heure après, les 10 cobayes traités et 10 cobayes neufs témoins sont inoculés, sous la peau du ventre, avec $0^{cm^3},5$ de matériel infectant. Après une période d'incubation de 2 à 3 jours, tous les cobayes témoins présentent, au siège de l'inoculation, une infiltration qui augmente de plus en plus et qui aboutit en 7 à 8 jours à la formation d'une grosse papule, rouge, indurée, recouverte, parfois, d'une escarre simulant un véritable chancre, sans formation de pus et toujours accompagnée d'adénopathie satellite. L'examen à l'ultramicroscope du suc retiré, au niveau de la papule, montre la présence de nombreux spirochètes, dont le passage dans le sang a été constaté chez tous les témoins, entre le huitième et le onzième jour. Par contre, aucune lésion au siège de l'inoculation, ni la moindre adénopathie, n'ont été constatées chez les animaux préventivement traités avec le tartrobismuthate de sodium, et dans leur sang, examiné pendant plus d'un mois, nous n'avons jamais trouvé de spirochètes.

Ces expériences montrent que le tartrobismuthate de sodium est doué d'un pouvoir préventif remarquable vis-à-vis de l'infection à spirochètes du Sodoku chez le cobaye.

Dans une deuxième série d'expériences, l'injection de tartrobismuthate de sodium a été faite à titre curatif, 9 jours après l'inoculation du matériel virulent, alors que le chancre d'inoculation était en pleine évolution, et que le sang était déjà envahi par les spirochètes. Dès le lendemain de l'injection du composé bismuthique, nous avons constaté la disparition des spirochètes dans le sang et dans la sérosité du chancre. En même temps la lésion locale et l'adénopathie diminuent progressivement et finissent, dans la plupart des cas, par disparaître en 7 à 8 jours. Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on constate une légère infiltration de la peau et un engorgement ganglionnaire à peine appréciable. Mais cette amélioration ne persiste pas. Dans un délai qui varie entre 10, 12 ou au maximum 15 jours, on voit réapparaître, au siège de l'inoculation, une nouvelle infiltration papuleuse, moins étendue que la première, mais toujours accompagnée de la réaction ganglionnaire caractéristique. La présence des spirochètes au sein de la lésion locale et dans le sang montre qu'il s'agit d'une véritable rechute. Si à ce moment on renouvelle l'injection du médicament, on assiste encore une fois à la rapide involution des manifestations morbides et à la disparition des spirochètes du sang et des humeurs.

Jusqu'à présent, dans les conditions où nous avons opéré, nous ne sommes pas arrivés à juguler d'une façon définitive la maladie provoquée chez le cobaye par le spirochète du Sodoku. A ce point de vue nos résultats peuvent être rapprochés de ceux obtenus par les auteurs japonais dans leurs essais sur les rats et les souris avec le salvarsan. Nos expériences en cours nous montreront s'il est possible d'obtenir la guérison définitive du cobaye par les composés bismuthiques. D'ores et déjà cependant, nous avons établi que le tartrobismuthate de sodium, en plus de son action préventive remarquable, possède, vis-à-vis du spirochète du Sodoku, un pouvoir curatif qui ne semble pas inférieur à celui des médicaments de la série arséno-benzolique.

M. **Godchot** adresse une Note *Sur l'électricité en boules*.

A $16^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique générale, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Daniel Berthelot* :

En première ligne	M. **Charles Fabry**.
En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique	MM. **Henri Abraham**, **Paul Langevin**.
En troisième ligne, ex æquo par ordre alphabétique.	MM. **Anatole Leduc**, **Georges Sagnac**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 45^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 23 mai 1927.)

Page 1217, ligne 4, *au lieu de* VLADIMIR ROSTITZIN, *lire* VLADIMIR KOSTITZIN.

(Séance du 30 mai 1927.)

Note de M. *Marcel Sommelet*, Sur les N-alcoylimines de la benzophénone :

Page 1339, tableau du bas de la page, les valeurs indiquées pour densités se rapportent aux trois premiers composés; les points de fusion se rapportent aux deux derniers.

Note de M. *E.-L. Bouvier*, Sur les Saturniens d'Afrique :

Page 1290, ligne 10, *au lieu de* au point où se détache de la cellule le pédoncule, *lire* au point où se bifurque le pédoncule.

᛭

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUIN 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur la répartition du potassium et du sodium chez les végétaux.* Note de MM. **G. André** et **E. Demoussy**.

Il y a deux ans (¹) nous avons émis l'hypothèse que la prédominance des composés du potassium, comme sels solubles, chez les plantes, devait être attribuée à la mobilité de ce métal, supérieure à celle de tous les autres cations. Nous avions trouvé un appui à cette manière de voir dans le fait que dans une masse charnue, une racine de betterave, le rapport du potassium au sodium croît de la périphérie au centre. Comme dans l'expérience de Graham, que nous rappelions, le potassium domine d'autant plus que la région examinée est plus éloignée de la solution complexe primitive, ici les liquides du sol qui baignent la racine. La sélection était bien manifeste pendant l'époque de la croissance; mais, due aux forces de diffusion, elle ne constitue pas un état d'équilibre stable. Celui-ci tend à s'établir lorsque la végétation se ralentit, et à l'arrière-saison le rapport $\frac{K}{Na}$ présentait des valeurs très voisines dans les trois zones analysées.

Nous avons cherché à confirmer ces premiers résultats par de nouvelles observations.

En 1925 la même répartition a été retrouvée en été; mais les analyses effectuées en octobre nous ont montré que l'équilibre n'était pas encore établi; la saison n'était pas encore assez avancée.

L'année dernière nous avons espacé nos prises d'échantillons; les racines

(¹) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1052.

de betteraves, du même champ, ont été examinées : en août 1926, pendant la période de développement, en novembre lorsque la végétation était fortement ralentie, et enfin en mars 1927, les racines ayant été conservées en silos, en bon état, et non germées.

Voici les valeurs trouvées pour le rapport $\frac{K}{Na}$:

	Zone extérieure.	Zone moyenne.	Zone intérieure.
21 août 1926.......	8.3	10.2	13.7
22 novembre 1926...	6.4	7.1	8.0
16 mars 1927......	11.4	11.5	11.4

Nous retrouvons donc la même loi : en août excès de potassium croissant de la périphérie au centre, en novembre tendance manifeste vers l'équilibre, et enfin identité des trois rapports lorsque la plante est en état de vie ralentie depuis plusieurs mois.

Nous avons recherché s'il n'existerait pas une répartition analogue dans les parties aériennes d'une plante ligneuse; le vieux bois constituerait le réservoir contenant le mélange de sels, les jeunes pousses et les feuilles représentant la partie supérieure du vase de diffusion de Graham. Nous avons examiné des tiges de marronnier d'Inde, de troëne et de *Tamarix gallica*, au printemps et à l'automne, et comparé, au point de vue qui nous occupe, la composition du bois de l'année précédente à celle des jeunes pousses.

Voici les valeurs de $\frac{K}{Na}$ pour le marronnier d'Inde :

	Tiges de l'année précédente.	Jeunes tiges.	Feuilles.
1er mai 1926....................	11,5	101,0	174,5
1er octobre 1926.................	38,7	62,7	50,0

En mai, lorsque les feuilles viennent d'atteindre leur développement, le potassium dépasse le sodium d'autant plus que l'organe envisagé est plus loin de la souche; les différences sont considérables. A l'automne la composition des feuilles et de jeunes tiges se rapproche de celle du vieux bois.

Le troëne, examiné au printemps, a montré une répartition semblable.

Pour cet arbuste, comme pour le marronnier, les proportions de sodium sont faibles, comprises entre 0,01 et 0,04 pour 100 de matière sèche. Nous avons cherché une plante chez laquelle le sodium serait abondant (nous ne connaissions pas alors les chiffres que viennent de donner MM. Gab. Ber-

trand et Perietzeanu) (1). Nous l'avons trouvée dans le *Tamarix gallica*. Très prospère au bord de la mer, cette plante renferme des quantités considérables de sodium, même lorsqu'elle pousse dans des terrains non salés; le sujet qui nous a fourni nos échantillons provenait des environs de Paris.

Dans le tableau ci-dessous, à côté du rapport $\frac{K}{Na}$, nous donnons, à titre de renseignement, les proportions de chacun des deux métaux pour 100 de matière sèche; les chiffres ne représentant pas des concentrations, leurs grandes variations ne doivent pas surprendre.

	Bois de l'an passé.			Pousses de l'année présente.		
	K pour 100.	Na pour 100.	$\frac{K}{Na}$.	K pour 100.	Na pour 100.	$\frac{K}{Na}$.
18 octobre 1925....	0,45	0,18	2,5	0,56	0,25	2,2
22 juillet 1926.....	0,57	0,16	3,6	1,44	0,08	18,0
14 novembre 1926..	0,36	0,14	2,6	0,84	0,65	1,3

A l'automne 1925, à la période de repos, nous constatons l'équilibre : le rapport est sensiblement le même, 2,5 et 2,2, pour les deux parties de la plante examinées. L'été suivant, le potassium afflue dans les nouvelles tiges à l'exclusion presque complète du sodium; le rapport $\frac{K}{Na}$ est cinq fois plus grand que dans le vieux bois; puis de nouveau, à l'automne, c'est la tendance à l'homogénéisation.

Des faits présentés ici il résulte bien que la répartition du potassium et du sodium, n'affectant que des formes solubles, est sous la dépendance de la diffusion : pendant le développement du végétal, l'élément le plus mobile, le potassium, s'éloigne le plus vite de la solution mixte, que celle-ci soit extérieure comme dans le cas de la racine de betterave, ou qu'elle soit contenue dans le réservoir constitué par le vieux bois dans le cas des plantes ligneuses.

Vienne la période de repos, l'homogénéité tend à s'établir; les deux éléments, conservant leur mobilité dans l'ensemble de la plante, continuent à être soumis aux lois de la diffusion et se déplacent comme dans une masse liquide inerte.

---

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 645.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE — *La Sclériase des raisins, due au* Sordaria uvicola. Note de MM. **P. Viala** et **P. Marsais**.

La nouvelle maladie des raisins, à laquelle nous donnons le nom de *Scleriase*, est due à un Ascomycète, le *Sordaria uvicola* (*spec. nov.*), dont l'évolution biologique est complexe. Les grains de raisin, à maturité, sont éclatés par le Champignon parasite, et se dessèchent rapidement. C'est dans le seul vignoble roumain, de Bessarabie, que le mal a été jusqu'à ce jour constaté; son introduction en France pourrait présenter quelque danger pour nos vignobles, à cause de l'extraordinaire rapidité de poussée végétative du parasite.

Le *S. uvicola*, isolé des grains de raisin et cultivé en milieux artificiels, ne s'accommode pas des milieux acides contrairement à la majorité des Champignons. Ses nombreuses formes de reproduction sont : des *conidies*, forme *Alternaria*, que l'on observe à l'état naturel sur les feuilles âgées (manquant d'acidité organique); des *pycnides* (macropycnides et micropycnides), sur les fruits où elles sont mélangées aux *Alternaria* conidiens; des *scléroïdes*, à constitution anatomique très particulière, fréquents sur les raisins attaqués et qui, ensemencés en milieu artificiel, donnent presque toujours des *périthèces*. Enfin la partie végétative du Champignon, le *mycélium*, qui, vit exclusivement sous la cuticule des grains de raisin comme les scléroïdes, cuticule qu'il éclate, est hétérothallique et hétérogame. Cultures croisées, maintes fois répétées sur milieux variés ou sur raisins mûrs ou près de la maturité, nous ont démontré, d'une façon indubitable, la relation de toutes ces formes végétatives et de reproduction qui appartiennent bien à une seule et unique espèce.

Le *S. uvicola* a deux formes mycéliennes, l'une fine et rigide (microthalle) d'un diamètre de 3^{μ}, peu cloisonnée, l'autre (macrothalle) à hyphes possédant de nombreuses cloisons, un protoplasme très grumeleux et d'un diamètre variant du 16 à 20^{μ}. Ces deux formes mycéliennes, enchevêtrées, à l'état naturel, sur le grain de raisin, peuvent être, en variant les milieux de culture et en multipliant le nombre des passages, difficilement isolées. Dans ce cas, les macrothalles donnent les conidies *Alternaria* et les microthalles, les deux formes pycnidiennes.

Les scléroïdes, à pseudo-membrane noire, ont leur intérieur constitué non par un pseudo-parenchyme, mais par un tissu formé de cellules

p us ou moins sphériques accolées et comprimées les unes contre les autres. Pris sur sur le grain de raisin malade, qu'ils recouvrent parfois d'une couche carbonacée entre les fissures, et mis en germination, ils donnent des filaments macrothalliques, très cloisonnés et variqueux, dont se détachent bientôt les fins filaments microthalliques. Si le milieu de culture est très légèrement acidulé, la forme conidienne *Aternaria* apparaît bientôt. Par contre, dans un milieu neutre, se développent de nombreux périthèces. Mais on ne constate jamais ceux-ci que lorsque, après un temps très court d'ailleurs, les deux formes mycéliennes sont mélangées; elles le sont toujours dans les cultures normales se succédant par bouturage du gazon mycélien. Ce sont ces périthèces que l'on obtient le plus fréquemment dans les cultures.

L'évolution du périthèce nécessite la présence des deux thalles. Le microthalle, enchevêtré dans les gros filaments et les enlaçant, vient, par une extrémité renflée, s'accoler sur une cellule hypertrophiée du macrothalle; le périthèce évolue à partir de cette cellule après, probablement, une fusion que nous n'avons pu encore préciser.

La formation ultérieure des asques et des ascospores serait, d'après M. Dangeard (1), le résultat d'une vraie fusion nucléaire dans le conceptacle. Il y aurait donc deux phases dans l'évolution du périthèce du *S. uvicola*, une préfécondation par la fusion de cellules spécialisées du microthalle et du macrothalle et la vraie fécondation, que nous n'avons pu observer, dans le périthèce.

C'est en quelques heures que poussent, dans les cultures, les périthèces aussi bien que les autres formes de reproduction; en 12 ou 24 heures, les asques et les ascospores sont organisées dans le conceptacle.

Dans un Mémoire spécial, les caractères individuels des conidies, des scléroïdes, des chlamydospores, des pycnides et de leurs stylospores, des périthèces et de leurs asques et de leurs ascospores, sont détaillés. Les conidies pluricellulaires rappellent, par leurs caractères, les *Alternaria*, d'un noir fuligineux foncé et variant, suivant le nombre de cellules qui les composent, de 10^{μ} à 55^{μ} en longueur sur 6^{μ} à 14^{μ} en diamètre. Les ascospores, ensemencées sur raisins, avant maturité, reproduisent cette forme conidienne. Les pycnides ont des stylospores ovoïdes brunes de 6^{μ} sur 10^{μ} et germent, comme les conidies et les chlamydospores, par émission d'un tube mycélien.

Les périthèces, sphériques, surmontés d'un col variable de longueur, possèdent de nombreuses asques mélangées à de fines paraphyses. Ils ont 570^{μ} de hauteur, col com-

---

(1) P.-A. Dangeard, *L'origine du périthèce chez les Ascomycètes* (*Le Botaniste*, 2e série, juillet 1907).

pris, sur 320^{μ} de diamètre. Les ascospores, au nombre d'environ 1200 par conceptacle, incolores d'abord, puis d'un jaune citron, sont, définitivement, d'un brun noirâtre foncé, à membrane extérieure très épaisse, et pourvue d'une grosse vacuole qui occupe le tiers du contenu. Elles sont ovoïdes allongées (20^{μ} sur 12^{μ}) et entourées extérieurement par une zone hyaline de nature mucilagineuse et caractéristique des *Sordaria*. Elles germent, à la suite de la disparition de la vacuole, en émettant parfois au dehors tout le contenu cellulaire, entouré d'une membrane propre, qui s'allonge en tube germinatif macrothallique, d'où se détachent bientôt de fins filaments microthalliques.

Cette évolution très particulière des organes de reproduction de *S. uvicola* a été contrevérifiée pendant trois années sur des milliers de cultures, en milieux très variés.

Des observations recueillies dans le vignoble roumain, où la maladie paraît pour l'instant confinée, et des essais variés faits en cultures artificielles avec des produits toxiques, il semble se dégager une possibilité, à préciser, de l'action efficace que peuvent avoir les sels cupriques contre cette nouvelle maladie.

PHYSIOLOGIE. — *Remarques au sujet de la Note de M.* RAYMOND HAMET (présentée par M. Charles Richet, le 13 juin 1927), par M. **PIERRE BAZY.**

M. Raymond Hamet termine sa Note intitulée : *Sur l'action cardiaque de l'adrénaline pendant l'excitation du vague* par ces mots :

« Ainsi donc l'adrénaline injectée dans le cœur pendant l'excitation du vague provoque l'arrêt cardiaque; si le vague est excité non plus électriquement, mais par un toxique comme le chloroforme, l'adrénaline produit également l'arrêt cardiaque : c'est la syncope adrénaline-chloroformique découverte par Lévy et bien étudiée par cet auteur et par Nobel et Rothberger. »

Que M. Raymond Hamet ait observé cet arrêt cardiaque dans les conditions expérimentales, je n'y contredirai pas : mais il ne faudrait pas conclure de ces faits expérimentaux à ce qui doit s'observer chez l'homme pendant la chloroformisation. Or, chez l'homme, et l'on peut à ce sujet consulter les *Bulletins de la Société nationale de Chirurgie*, l'injection intracardiaque d'adrénaline, 1^{mg} et plus, a, jointe à la respiration artificielle, sauvé, on peut dire ressuscité, des opérés chez lesquels le cœur avait cessé de battre dans le cours d'une chloroformisation, non au début de l'anesthésie, avant que le patient ait pu absorber une quantité notable d'anesthésique, mais plusieurs minutes après le début de l'anesthésie chlo-

roformique, alors que l'insensibilisation était complète et que par conséquent l'anesthésique avait été absorbé en quantité appréciable. Il ne faudrait pas laisser jeter le discrédit sur une méthode tout à fait recommandable de traitement des syncopes, dans le cours des anesthésies, qu'il s'agisse d'anesthésies par le chloroforme, ou d'anesthésies par l'éther ou le chlorure d'éthyle, ou qu'il s'agisse d'anesthésies rachidiennes; car dans toutes ces conditions, l'injection intra-cardiaque d'adrénaline a donné des succès tout à fait réconfortants dans des cas autrefois désespérés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration générale de l'équation aux dérivées partielles* $s = f(x, y, z, p, q)$. Note (1) de M. **Riquier**.

La méthode d'intégration qui fait l'objet de la présente Note est analogue à celle que nous avons récemment exposée au sujet de l'équation $s = F(x, y, z, q)$, où ne figure pas la dérivée p (2).

Rappelons tout d'abord que, dans une Note antérieure (3), se trouvent brièvement indiquées diverses règles, assurant, pour des types variés de l'équation aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes, la possibilité d'une intégration, *complète* ou *incomplète;* l'une de ces règles, relative à l'intégration incomplète, s'applique, notamment, à l'équation

$$rt - s^2 + A(x, y, z, p, q)r + 2B(x, y, z, p, q)s = 0, \tag{1}$$

qui joue un rôle essentiel dans la question suivante :

Déterminer la fonction $\mu(\alpha)$ du paramètre α et la fonction $\lambda(\beta, \alpha)$ des paramètres β, α par la condition que le plan mobile

$$z = \alpha y + \beta x + \lambda(\beta, \alpha) + \mu(\alpha) \tag{2}$$

ait pour enveloppe une surface intégrale de l'équation $s = f(x, y, z, p, q)$.

Or l'étude de cette question fournit, comme on va le voir, l'intégrale générale de l'équation envisagée.

Considérons en effet les fonctions z, p, q de x, y définies par le sys-

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

(2) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1076.

(3) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 695.

tème des relations

$$(3)\qquad z = qy + px + \lambda(p, q) + \mu(q),$$

$$(4)\qquad 0 = y + \frac{\partial\lambda}{\partial q} + \mu'(q),$$

$$(5)\qquad 0 = x + \frac{\partial\lambda}{\partial p},$$

où les fonctions $\lambda(p, q)$ et $\mu(q)$ sont quelconques, sous la seule restriction que les relations (4) et (5) puissent être résolues par rapport à p et q conformément au principe général des fonctions implicites; on tire de (3), par différentiations,

$$\frac{\partial z}{\partial x} = p + \left[x + \frac{\partial\lambda}{\partial p}\right]\frac{\partial p}{\partial x} + \left[y + \frac{\partial\lambda}{\partial q} + \mu'(q)\right]\frac{\partial q}{\partial x},$$
$$\frac{\partial z}{\partial y} = q + \left[x + \frac{\partial\lambda}{\partial p}\right]\frac{\partial p}{\partial y} + \left[y + \frac{\partial\lambda}{\partial q} + \mu'(q)\right]\frac{\partial q}{\partial y},$$

d'où, en tenant compte de (4) et (5),

$$\frac{\partial z}{\partial x} = p, \qquad \frac{\partial z}{\partial y} = q.$$

Pour exprimer que la fonction z et ses deux dérivées premières p, q, définies par (3), (4) et (5), vérifient l'équation $s = f(x, y, z, p, q)$ ou

$$(6)\qquad \frac{\partial q}{\partial x} = f(x, y, z, p, q);$$

il suffit de former, en appliquant la règle des fonctions implicites, les équations qui fournissent $\frac{\partial p}{\partial x}$ et $\frac{\partial q}{\partial x}$, savoir :

$$(7)\qquad 0 = \frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q}\frac{\partial p}{\partial x} + \left[\frac{\partial^2\lambda}{\partial q^2} + \mu''(q)\right]\frac{\partial q}{\partial x},$$

$$(8)\qquad 0 = 1 + \frac{\partial^2\lambda}{\partial p^2}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q}\frac{\partial q}{\partial x},$$

puis d'éliminer $\frac{\partial p}{\partial x}$ et $\frac{\partial q}{\partial x}$ entre les trois équations (6), (7), (8), ce qui donne

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 & -f \\ \dfrac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q} & \dfrac{\partial^2\lambda}{\partial q^2} + \mu''(q) & 0 \\ \dfrac{\partial^2\lambda}{\partial p^2} & \dfrac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q} & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Cette dernière relation devra, après substitution à z, p, q de leurs valeurs tirées de (3), (4), (5), être satisfaite quels que soient x et y; ou, ce qui revient au même, elle devra, après substitution à x, y, z de leurs valeurs tirées des mêmes équations, être satisfaite quels que soient p et q; cette substitution n'affecte d'ailleurs que la quantité $f(x, y, z, p, q)$. Si, dans la relation qui en résulte, on suppose connue la fonction $\mu(q)$, on obtient l'équation aux dérivées partielles

$$(9)\quad \frac{\partial^2\lambda}{\partial p^2}\frac{\partial^2\lambda}{\partial q^2}-\left(\frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q}\right)^2+\mu''(q)\frac{\partial^2\lambda}{\partial p^2}+2\,G\left(p, q, \lambda, \frac{\partial\lambda}{\partial p}, \frac{\partial\lambda}{\partial q}\right)\frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q}=0,$$

impliquant la fonction inconnue λ des variables indépendantes p, q, et où G désigne une composante connue. Or l'équation (9) est de même forme que l'équation (1), où x, y, z, p, q, r, s, t, A, B se trouveraient remplacés respectivement par p, q, λ, $\frac{\partial\lambda}{\partial p}$, $\frac{\partial\lambda}{\partial q}$, $\frac{\partial^2\lambda}{\partial p^2}$, $\frac{\partial^2\lambda}{\partial p\,\partial q}$, $\frac{\partial^2\lambda}{\partial q^2}$, $\mu''(q)$, G.

En conséquence :

La fonction $\mu(q)$ étant choisie arbitrairement, on pourra, en vue de l'intégration incomplète de l'équation (9), former une équation du premier ordre impliquant, comme elle, la fonction inconnue λ des variables indépendantes p, q, et dont l'équation (9) soit, au point de vue de l'intégration, une conséquence nécessaire; cette équation du premier ordre, résoluble par rapport à $\frac{\partial\lambda}{\partial p}$, sera ensuite intégrée avec la condition initiale, arbitrairement choisie, $\lambda=\rho(q)$ pour $p=$ une valeur numérique donnée.

La fonction résultante $\lambda(p, q)$, qui vérifie l'équation (9), se trouvera ainsi dépendre :

1° Du choix de la fonction arbitraire $\mu(q)$;

2° La fonction $\mu(q)$ étant fixée, du choix de la fonction arbitraire $\rho(q)$.

Et il en sera de même pour la fonction z des variables x, y définie, conjointement avec p et q, par les relations (3), (4) et (5).

HYDRAULIQUE. — *Sur les tourbillons provoqués par un obstacle immergé dans un courant liquide.* Note [1] de M. Charles Camichel.

Nous avons étudié [2], pour des nombres de Reynolds très faibles, en régime non turbulent, les trajectoires des filets liquides, à l'aval d'un corps

(1) Séance du 7 juin 1927.
(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1326.

immergé dans un fluide visqueux en mouvement; nous avons montré que ces trajectoires présentent trois points singuliers.

Prenons un ajutage, d'axe horizontal, dans lequel nous réalisons un champ de vecteurs vitesses W, parallèles à cet axe. Normalement à celui-ci, plaçons un cylindre droit, à base circulaire, de hauteur égale à celle de l'ajutage. A mesure que la vitesse W augmente, les trajectoires s'allongent. Elles atteignent, pour une certaine vitesse, une position limite. En continuant à faire croître la vitesse W, on voit, tout d'abord, un mouvement d'oscillation d'ensemble se superposer au régime non turbulent et l'on observe, ensuite, la production des tourbillons alternés de Bénard.

Cette Note a pour objet le résumé des expériences faites, en collaboration avec MM. Dupin, Escande et Teissié Solier, sur ces tourbillons, expériences distinctes des importantes recherches de M. Bénard, qui correspondent aux phénomènes produits à la surface d'un liquide.

I. Nous avons comparé les écoulements successifs d'un liquide 1 (eau ordinaire) et d'un liquide 2 (eau sucrée) de coefficients cinématiques de viscosité $\frac{\mu_1}{\rho_1}$, $\frac{\mu_2}{\rho_2}$ tels que $\frac{\mu_2}{\rho_2} = 5,3\frac{\mu_1}{\rho_1}$ à 11°,5 C., température des expériences. L'obstacle était constitué par un cylindre vertical, à base circulaire, de $3^{mm},5$ de diamètre, placé à l'intérieur d'un ajutage horizontal carré, de 4^{cm} de côté. Nous avons déterminé la courbe (T_1, W_1), donnant, pour l'eau, la période T_1 en fonction de la vitesse moyenne W_1, et la courbe $\left(T_2 \times \frac{\frac{\mu_2}{\rho_2}}{\frac{\mu_1}{\rho_1}}, W_2 \times \frac{\frac{\mu_1}{\rho_1}}{\frac{\mu_2}{\rho_2}}\right)$ déduite des périodes T_2 et des vitesses moyennes W_2 observées dans l'eau sucrée. Ces deux courbes doivent être confondues, en vertu de la loi de Reynolds.

Le tableau suivant montre le degré de concordance obtenu :

W_1 ou $W_2 \times \frac{\frac{\mu_1}{\rho_1}}{\frac{\mu_2}{\rho_2}}$ Vitesses moyennes en cm/sec.	T_1 Périodes en sec.	$T_2 \times \frac{\frac{\mu_2}{\rho_2}}{\frac{\mu_1}{\rho_1}}$ Périodes en sec.
2,23	0,92	0,926
2,68	0,760	0,765
3,075	0,645	0,63
3,775	0,505	0,52
4,625	0,424	0,422

II. Nous avons ensuite comparé l'écoulement de l'eau dans deux modèles semblables, dans un rapport $\frac{l_2}{l_1} = 2$, à une température de 15° C.; le plus grand modèle était constitué par un cylindre de $0^{cm},79$ de diamètre, placé dans un ajutage circulaire de 30^{cm} de diamètre, d'axe horizontal.

Si W_1, T_1 désignent la vitesse et la période observées dans le petit modèle, W_2, T_2 les quantités homologues du grand modèle, la loi de similitude de Reynolds exige que l'on ait

$$W_1 = \frac{l_2}{l_1} \times W_2, \qquad T_1 = T_2 \times \frac{l_1^2}{l_2^2}.$$

Les courbes (T_1, W_1), $\left(T_2 \times \frac{l_1^2}{l_2^2}, W_2 \times \frac{l_2}{l_1}\right)$ doivent donc se confondre. C'est ce que nous avons vérifié.

On peut dire par conséquent que, dans les circonstances où nous nous sommes placés, la similitude de Reynolds s'applique aux tourbillons alternés.

Ces phénomènes sont très complexes et l'amplitude des oscillations observées présente des variations périodiques qui sont parfois très régulières.

III. La mesure des périodes peut se faire, soit par l'observation directe des tourbillons, soit en utilisant la remarque suivante : les particules d'aluminium utilisées pour l'observation sont des lames minces, constituant de petits miroirs, qui, éclairés par un faisceau de rayons parallèles, paraissent brillants lorsque leur normale est la bissectrice de l'angle des rayons incidents et de la direction joignant la particule à l'œil de l'observateur. Donc, chaque fois que les particules, dans leur mouvement, redeviennent parallèles à une même direction de plan, elles deviennent brillantes. On obtient, ainsi, des franges lumineuses, que l'on observe par stroboscopie. La période des tourbillons est mesurée par la période d'éclairement la plus courte pour laquelle les franges paraissent immobiles (voir la figure).

MM. Terada et Hattori ont observé l'orientation des particules d'aluminium; mais le phénomène des franges paraît nouveau.

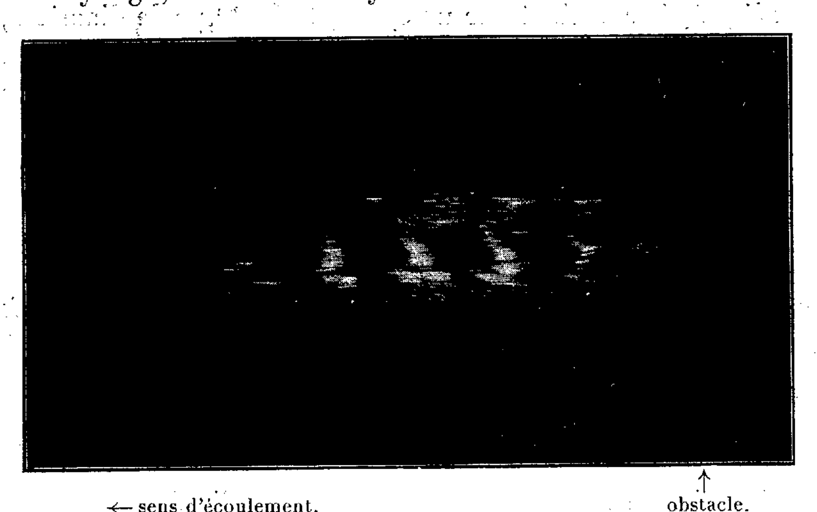
On peut ainsi mesurer des fréquences beaucoup plus élevées que ne le permettrait l'observation directe.

Dans la zone de vitesses où cette dernière est possible, nous avons mesuré simultanément la période par les deux procédés et observé la parfaite concordance des résultats obtenus.

IV. En faisant varier convenablement la vitesse de l'eau, on observe que, pour une certaine valeur de celle-ci, la tige cylindrique encastrée formant

obstacle se met à vibrer, dans un plan perpendiculaire à la direction générale de l'écoulement.

Lord Rayleigh, Riabouchinsky et Richardson avaient observé cette



Franges lumineuses dans le sillage d'un cylindre de $3^{mm},5$ de diamètre (ajutage de 4×4^{cm}).

vibration et émis l'hypothèse qu'elle était due à la résonance de la période propre de la tige, sous l'influence des tourbillons alternatifs qu'elle provoque.

Nous avons vérifié ce point, en étudiant une tige de 2^{mm} de diamètre, lestée au moyen d'une petite masse de plomb, afin de rendre sa période assez longue pour qu'on puisse l'observer directement; nous avons trouvé $0^{sec},293$ pour la période du tourbillon, $0^{sec},294$ pour celle de la tige.

Cette propriété des tiges immergées peut être utilisée pour la mesure des vitesses des fluides.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du maltose.* Note (¹) de MM. Amé Pictet et H. Vogel.

Lorsqu'on chauffe le glucose α à 160° dans le vide, il fond en perdant les éléments d'une molécule d'eau et se convertit en glucosane; dans les mêmes conditions le glucose β fond aussi, mais sans subir d'autre modification. Nous avons trouvé qu'un mélange équimoléculaire des deux glucoses se comporte différemment encore : après être entré en fusion, il se resolidifie brusquement, la température restant toujours à 160°; il y a donc formation d'un produit de condensation des deux sucres.

(¹) Séance du 13 juin 1927.

Ce produit est soluble dans l'eau chaude; en examinant cette solution, nous avons constaté que, à côté de glucose non transformé et d'un peu de dextrines, elle contient une notable quantité d'un *disaccharide;* traitée en effet par la phénylhydrazine, elle fournit une osazone soluble dans l'eau chaude.

Afin d'isoler ce disaccharide, nous avons tout d'abord précipité les dextrines par addition d'alcool, puis soumis la liqueur filtrée à l'évaporation dans le vide. Le résidu a été ensuite traité à plusieurs reprises à froid par l'alcool à 95 pour 100 afin d'éloigner la plus grande partie du glucose. Le reste a été chauffé avec de l'acétate de soude et de l'anhydride acétique, et transformé ainsi en un mélange d'acétates. Par cristallisations répétées de ce mélange dans l'alcool absolu nous avons enfin pu isoler un corps homogène, présentant le point de fusion constant de 157°.

Cet acétate a été alors saponifié par le méthylate de sodium, suivant l'excellent procédé de Zemplen (1). Nous avons obtenu ainsi un sucre réducteur, à l'état d'un sirop épais, mais qui devient lentement solide au contact de l'alcool absolu. Il peut alors être recristallisé dans l'alcool chaud, et se présente sous la forme de petits cristaux sans point de fusion net. L'analyse et la cryoscopie leur assignent la formule $C^{12}H^{22}O^{11}.H^2O$.

Ce sucre présente le phénomène de la mutarotation. Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse ($c = 6,16$, $t = 21°$), est :

Après	8 minutes	+116°,9
»	7 heures	+128,2
»	24 »	+128,5

Le pouvoir rotatoire initial du maltose (hydrate) est selon Parcus et Tollens (2) + 119, 36°, son pouvoir rotatoire final + 130°. D'autres observateurs ont trouvé des chiffres oscillant autour de 116° et de 129°.

L'*osazone* de notre sucre cristallise dans l'eau chaude ou dans l'éther acétique en belles aiguilles jaunes.

Son *acétate* forme de longues aiguilles incolores. Son poids moléculaire, déterminé par cryoscopie dans le benzène, est 683 (calculé pour l'octoacétate de maltose : 678). Son pouvoir rotatoire en solution benzénique ($c = 1,2472$, $t = 22°$) est de + 75, 5° (pouvoir rotatoire du β-octo-acétate de maltose : + 75, 6°).

Le *nitrate*, préparé par dissolution du sucre dans un mélange d'acide

(1) *D. ch. G.*, 59, 1926, p. 1258.
(2) *Liebigs Annalen*, 257, 1890, p. 173.

sulfurique et d'acide nitrique, est en petites aiguilles, de saveur très amère, insolubles dans l'eau, très peu solubles dans l'alcool éthylique, facilement solubles dans l'alcool méthylique, ainsi que dans l'acétone et dans l'acide acétique glacial. Son pouvoir rotatoire en solution acétique ($c = 2,2960$, $t = 21°$) est de $+126,7°$ [Will et Lenze ([1]) indiquent $+128,6°$ pour l'octonitrate de maltose].

Les points de fusion de ces trois dérivés, comparés à ceux du maltose que nous avons préparés à cette intention, sont les suivants :

	De notre sucre.	Du maltose.	De leur mélange.
Point de fusion de l'osazone	194°	196°	196°
» de l'acétate	157	158	158
» du nitrate	159	159	159

Ces chiffres montrent de la façon la plus nette que le produit de condensation du glucose α et du glucose β est bien le maltose. La synthèse de ce disaccharide se trouve ainsi réalisée.

Il nous restera à établir quel est le mécanisme de cette condensation, si elle comporte ou non la formation intermédiaire d'une maltosane et pourquoi la présence du glucose β lui est nécessaire, alors que le maltose est un disaccharide α.

FLORE COLONIALE. — *Sur la découverte d'un Pin Laricio dans l'Afrique du Nord.* Note ([2]) de MM. **René Maire** et **Paul de Peyerimhoff.**

Le Pin Laricio (*Pinus nigra* Arn.), espèce polymorphe à aire disjointe, habitant le sud de l'Europe depuis l'Espagne jusqu'au Caucase et l'ouest de l'Asie, n'était pas connu jusqu'ici en Afrique. Les Pins spontanés connus dans l'Afrique du Nord étaient le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* L.) et le Pin maritime (*P. pinaster* Soland.).

En 1922 le brigadier forestier Soulier, en tournée dans les forêts de Cèdres du versant sud du Djurdjura, remarqua un Pin qui lui parut différent du Pin d'Alep, seul connu dans cette contrée. Il en avisa ses chefs, et l'Inspecteur adjoint Potier, de Bouïra, nous envoya en 1926 un rameau et un cône qui nous ont permis de reconnaître un Pin Laricio. Mais les rensei-

([1]) *D. ch. G.*, 31, 1898, p. 68.
([2]) Séance du 13 juin 1927.

gnements fournis par les forestiers ne nous permettaient pas d'éliminer l'hypothèse d'une introduction relativement récente de ce Pin. Nous avons donc, en mai 1927, étudié sur place, en compagnie de M. Potier, les Pins Laricios du Djurdjura.

Ces Pins forment un petit peuplement de quelques centaines d'arbres d'âges très variés, sur le versant sud de la montagne dite Tigounatine, à très peu de distance de la station estivale en construction de Tikjda. Ils croissent sur les calcaires dolomitiques du Lias inférieur, entre 1450 et 1600^m d'altitude, en mélange avec le *Cedrus libanotica* Link ssp. *atlantica* (Manetti) Holmb., et le *Quercus Ilex* L.; ils forment une forêt claire dont le sous-bois est constitué surtout par l'*Ampelodesma mauretanica* (Poiret) Dur. et Schinz, le *Calycotome spinosa* Link, le *Putoria calabrica* Pers. C'est dire que la flore qui les accompagne est nettement thermophile. Dans le haut du peuplement, vers 1600^m, cette flore tend à faire place à une flore plus montagnarde, caractérisée par des gazons de *Festuca atlantica* Duv. Jouve et de *Cynosurus Balansae* Coss.; en même temps le *Quercus Ilex* se raréfie et devient buissonnant. Le Pin Laricio croît donc à la base de l'étage subalpin.

Le premier coup d'œil jeté sur le peuplement permettait d'exclure l'hypothèse d'une plantation régulière faite par l'Administration des Forêts. Nous avons immédiatement reconnu que beaucoup d'arbres dépassaient l'âge d'un siècle, et dataient par conséquent d'une période très antérieure à la conquête française. Nous avons abattu un de ces arbres qui avait 20^m de hauteur et 2^m,68 de tour à hauteur d'homme. Un comptage rapide de ses couches annuelles nous a montré qu'il était âgé de plus de 200 ans. Or avant la conquête française le pays était dans un état d'anarchie incompatible avec l'introduction d'un arbre purement forestier dans un coin absolument perdu de la montagne.

L'étude botanique de ce Pin Laricio et l'étude de ses parasites ont à leur tour confirmé nos conclusions au sujet de sa spontanéité.

Le Laricio du Djurdjura appartient au groupe *pachyphylla* Christ : il diffère du *P. nigra* var. *austriaca* Ant. par ses feuilles à hypoderme à 1-2 assises et ses rameaux d'un an cannelle orangé (et non gris brun); du *P. n.* var. *Poiretiana* Ant. par sa taille moins élevée, ses rameaux d'un an cannelle orangé (et non brun clair), ses cônes ne dépassant 7^{cm}, ses feuilles plus raides, plus larges (1^{mm},6 à 1^{mm},9 et non 1^{mm},4-1^{mm},6), la carène des écussons des cônes aiguë, du *P. n.* var. *Pallasiana* A. et G. par ses feuilles plus larges à canaux résinifères très nombreux (11-17), les cônes plus petits, à écussons plus bombés. Nous proposons pour lui le nom de *P. nigra* var. *mauretanica*.

Les troncs morts de ce Pin nourrissent souvent le *Polyporus* (Fomes) *marginatus* Fr.; les aiguilles tombées portent *Lophodermium Pinastri* (Schrad.) Chev. et *Nemacyclus niveus* (Pers.) Sacc.

Un grand nombre d'insectes parasites attaquent le *P. nigra* en Europe et la plupart se retrouvent sur les espèces voisines. Parmi ceux qui lui sont strictement attachés, nous avons pu recueillir :

1° Le *Pityopthorus glabratus* Eichh. (Col. *Scolytidae*) qui attaque les jeunes rameaux de l'année précédente cassés par le vent et tombés à terre. Il se partage en deux races, l'une, *P. glabratus s. str.*, de l'Europe moyenne, l'autre, *P. glabratus Buyssoni* Reitt., de l'Europe occidentale et méridionale. La race algérienne ne diffère guère de celle-ci que par ses dimensions plus fortes.

2° Le *Leucaspis Signoreti* Targ. (Hém. *Coccidae*), Cochenille fixée sur les feuilles vivantes et connue jusqu'ici de Corse, de Sardaigne et de Chypre. Nous devons l'identification de cette Diaspine à M. Balachowsky.

Le Laricio du Djurdjura représente une relique comparable à celle que constitue dans les Babors l'*Abies numidica* de Lannoy. Il a dû former jadis, sur le versant sud du Djurdjura, une ceinture à la base de l'étage subalpin. Moins bien adapté que le Pin d'Alep à résister aux incendies, il a dû disparaître assez rapidement lorsque le pays s'est peuplé. Les quelques arbres actuels sont marabouts et doivent certainement leur survivance à leur caractère sacré.

Ce Pin, très supérieur au Pin d'Alep, pourra être avantageusement utilisé dans les reboisements de l'Afrique du Nord ; des semis faits par M. Potier paraissent devoir donner d'excellents résultats.

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie de deux brochures intitulées *Le problème monétaire. Stabilisation et revalorisation en France* et *Le redressement financier de la France*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Daniel Berthelot* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 54,

M. Charles Fabry	obtient...........	51 suffrages
M. Henri Abraham	»	1 suffrage
M. Paul Langevin	»	1 »
M. Georges Sagnac	»	1 »

M. **Charles Fabry**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

M. **Alexis Carrel** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie par 46 voix contre 5 à M. *J. Cantacuzène*, 1 à M. *Abelous* et 1 à M. *G. Weiss*.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Gravier** est désigné pour représenter l'Académie au *Congrès International de Zoologie*, qui se tiendra du 4 au 9 septembre 1927 à Buda-Pest.

PLIS CACHETÉS.

M. **Georges Valensi** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 19 novembre 1917 et inscrit sous le n° 8465.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Expériences de téléphonie multiple.*

(Renvoi à l'examen de M. G. Ferrié.)

CORRESPONDANCE.

M. **Henry F. Osborn**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maria M. Ogilvie Gordon. *Das Grödener-, Fassa- und Enneberggebiet in den Südtiroler Dolomiten.*

2° D. Bois. *Les Plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les Âges.* (Présenté par M. H. Lecomte.)

GÉOMÉTRIE. — *Géométrie projective des correspondances analytiques entre deux plans.* Note de M. **Otakar Borůvka.**

1. Dans un récent Mémoire [1] j'ai développé la géométrie projective des correspondances analytiques entre deux plans, en appliquant la méthode générale du repère mobile sous la forme donnée par M. E. Cartan [2]. Dans la Note présente je résume les résultats auxquels j'étais arrivé. Cependant, je me propose de revenir sur plusieurs questions qui se posent au sujet des résultats obtenus.

2. Les correspondances que j'étudie sont des correspondances analytiques entre deux plans projectifs. On les peut définir en établissant une correspondance analytique biunivoque entre les paramètres dont dépend la position d'un point dans un et l'autre plan. Une correspondance analytique entre deux plans projectifs étant donnée, on peut, en se servant de la méthode générale du repère mobile, former un système d'équations de Pfaff à deux variables indépendantes qui définissent la correspondance à un couple de transformations projectives près. La formation de tels systèmes d'équations différentielles conduit à une forme cubique différentielle binaire Ψ dont la signification géométrique est intrinsèque. Pour chaque valeur des paramètres qui réalisent la correspondance entre les deux plans [3], l'équation $\Psi = 0$ définit certains rapports des différentielles de

---

(1) *Sur les correspondances analytiques entre deux plans projectifs.* Première partie (*Publications de la Faculté des Sciences de l'Université Masaryk*, n° 72; Brno, 1926). La deuxième partie se trouve actuellement sous presse et paraîtra prochainement dans les mêmes Publications.

(2) Voir des nombreux Mémoires de M. E. Cartan, surtout *Sur les variétés de courbure constante d'un espace euclidien ou non euclidien* (*Bull. de la Soc. math. de France*, 47, 1919; 48, 1920, p. 132-208); *Sur la déformation projective des surfaces* (*Annales scient. de l'École Norm. sup.*, 3e série, 27, 1920, p. 259-356).

(3) On se borne à un domaine suffisamment petit.

ces paramètres; je les appelle les *directions caractéristiques* de la correspondance donnée. Leur interprétation géométrique est la suivante : *Pour qu'à un point d'inflexion d'une courbe quelconque d'un plan corresponde un point d'inflexion dans l'autre, il faut et il suffit que la direction de cette courbe, au point considéré, soit caractéristique.* On est donc amené à classer les correspondances suivant le nombre de leurs directions caractéristiques. En laissant de côté quelques cas singuliers, je divise les correspondances en quatre espèces : Une correspondance est dite de la *première espèce* si elle admet au point considéré *trois directions caractéristiques et trois seulement;* elle est dite de la deuxième espèce si l'on a, au point considéré et dans un voisinage de ce point, *deux directions caractéristiques et deux seulement;* elle est dite de la *troisième espèce* s'il en existe *une et une seule;* enfin, une correspondance admettant au point considéré et dans un voisinage de ce point *une infinité de directions caractéristiques* est dite de la *quatrième espèce.*

3. Voici les résultats que j'ai obtenus au sujet des *correspondances de la première espèce.* Les correspondances *générales* de cette espèce, représentant les correspondances les plus générales entre deux plans, dépendent de deux fonctions arbitraires de deux arguments.

On peut trouver des correspondances de la première espèce dont *un système complet d'invariants différentiels* (par rapport au groupe projectif) *ne contient que des différentielles exactes* et ces correspondances dépendent *au moins d'une fonction arbitraire d'un argument;* je donne les équations finies d'un type de telles correspondances qui admettent cette généralité.

Il existe des correspondances de la première espèce *dont les courbes caractéristiques* (c'est-à-dire les courbes dont la direction à chaque point est caractéristique) *sont des droites.* La recherche de telles correspondances revient à la recherche des correspondances qui jouissent de la propriété de faire correspondre à trois droites (et trois seulement) passant par un point quelconque, trois droites passant par le point correspondant. Je trouve une famille générale de telles correspondances dépendant effectivement de *cinq constantes arbitraires* et caractérisées par la propriété que *les droites correspondantes dans les deux plans enveloppent des courbes algébriques de la troisième classe.* Mais les calculs que j'ai faits n'excluent pas encore la possibilité d'existence d'autres correspondances du type considéré; seulement, pour se convaincre s'il en existe, il faudrait faire (au moins par la méthode que j'applique) des calculs très longs que je n'ai pas pu effectuer à cause de leur longueur.

4. Quant aux *correspondances de la deuxième espèce,* les correspondances *générales* dépendent *d'une fonction arbitraire de deux arguments.*

Il existe des correspondances de la deuxième espèce *dont les courbes caractéristiques sont des droites*. Les correspondances de cette espèce qui admettent la plus grande généralité dépendent de *deux fonctions arbitraires d'un argument;* elles sont déterminées par une courbe et un faisceau de droites prises dans chacun des deux plans et par une correspondance projective entre les deux faisceaux.

5. Dans le cas de *correspondances de la troisième espèce* les correspondances *générales* dépendent *de quatre fonctions arbitraires d'un argument*.

Il existe des correspondances de la troisième espèce *dont les courbes caractéristiques sont des droites* et elles dépendent, en général, de *trois fonctions arbitraires d'un argument*. On déduit leur construction géométrique en établissant une correspondance ponctuelle entre deux courbes prises arbitrairement dans les deux plans et en considérant la transformation projective qui réalise le contact analytique du troisième ordre entre ces deux courbes.

6. Chaque correspondance de la *quatrième espèce* est une correspondance *projective*.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Remarques sur les droites singulières des congruences*. Note de M. **Gaston Julia**.

1. Soit une congruence de droites D définies par les équations

$$x = az + p, \qquad y = bz + q,$$

au voisinage d'une de ces droites D_0. Cette droite D_0 sera *singulière* si ses points focaux ou ses plans focaux coïncident, ou sont indéterminés. Si a, b, p, q sont *uniformes* autour des valeurs des paramètres correspondant à D_0, on peut supposer d'abord que p et q *sont eux-mêmes les paramètres;* p_0, q_0 étant leurs valeurs pour D_0, le discriminant commun $H = (b'_q - a'_p)^2 + 4a'_q b'_p$, des équations aux développables, aux points focaux, aux plans focaux, est nul pour (p_0, q_0). L'équation $H = 0$ détermine la courbe lieu des traces m_0 sur xOy des droites singulières D_0 du type actuel. C'est en général, d'après la théorie des intégrales singulières de l'équation aux développables

$$a'_q q'^2 - (b'_q - a'_p) q' - b'_p = 0, \tag{1}$$

un lieu de points de rebroussement des traces sur xOy des développables de la congruence. Sur D_0 les points focaux F_1 et F_2 se confondent en M_0,

de cote z_0 définie par $z_0(a'_{p_0}+a'_{q_0}q'_0) = -1$. Lorsque $m_0(p_0, q_0)$ décrit $H=0$, M_0 décrit une ligne $\mathcal{L}$. Suivant $\mathcal{L}$ *se raccordent* les deux nappes S_1 et S_2 de la surface focale, qui sont données, au voisinage de $\mathcal{L}$, par des équations

$$z_1 = A + B\sqrt{H}, \qquad z_2 = A - B\sqrt{H},$$

A, B, H étant uniformes autour de (p_0, q_0), S_1 *et* S_2 *sont deux portions, non analytiquement distinctes d'une surface* $\mathcal{S}$. Les arêtes de rebroussement $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$, situées sur S_1 et S_2, des développables Δ_1 et Δ_2 de la congruence passant par D_0, arrivent en M_0 sans singularité et tangentiellement à D_0 : *elles se prolongent analytiquement l'une par l'autre*. D_0 est tangente *stationnaire* de $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$ se révélant par le rebroussement que possède en m_0 la trace de Δ_1 et Δ_2 sur xOy qui est une intégrale de (1). Les courbes de contact C_1 et C_2 de Δ_1 et Δ_2 avec S_2 et S_1 arrivent sans singularités en M_0, tangentiellement à D_0, et se prolongent mutuellement. D_0 coupe $\mathcal{S}$ en *quatre points confondus avec* M_0. $\mathcal{L}$ est le lieu des points de $\mathcal{S}$ où une tangente asymptotique D_0 est *surosculatrice*. En général $\mathcal{L}$ n'est pas enveloppe de D_0 (exemple : parallèle minimum du tore pour la congruence des tangentes doubles); elle peut quelquefois l'être (parallèles supérieur et inférieur du tore) : $H=0$ est alors une intégrale singulière de (1) et $\mathcal{L}$ une enveloppe d'asymptotiques de $\mathcal{S}$, et de courbes $\mathcal{A}$ et C précédentes.

2. Les choses se passent différemment au voisinage d'une *ligne double* Γ *de la surface focale*, S_1 et S_2 étant les deux nappes se coupant suivant Γ, avec plans tangents distincts P_1 et P_2 en tout point Φ de Γ. Les droites singulières de cette espèce sont les tangentes à Γ : elles ont leurs points focaux confondus au point de contact Φ, les plans focaux P_1, P_2 étant distincts.

On peut supposer ici a et b uniformes en (p, q) au voisinage de tout point $m_1(p_1, q_1)$, trace sur xOy d'une tangente D_1 à Γ. Par D_1 passent en général *trois* développables de la congruence. La première, Δ_1, a son arête de rebroussement $\mathcal{A}_1$ sur S_1 ; $\mathcal{A}_1$ est tangente à Γ et à D_1 en Φ_1 ; le plan P_2, osculateur à $\mathcal{A}_1$ en Φ_1, est *stationnaire*, et la trace de Δ_1 sur xOy présente en m_1 une *inflexion*; Δ_1 touche S_2, le long d'une C_1 qui présente en Φ_1 un point de *rebroussement*. La deuxième, Δ_2, a des propriétés analogues en intervertissant les rôles de S_1 et S_2. La troisième, *développable singulière* de la congruence, est engendrée par les tangentes à Γ ; sa trace sur xOy appartient à la courbe $H=0$ du n° 1 ; en tout point m_1 de cette trace l'équation (1) est *indéterminée* $[a'_q = b'_p = 0,\ b'_q = a'_p]$, et il y passe *trois* intégrales régulières de (1) dont deux ont des inflexions. Sur S_1 et S_2, Γ est enveloppe des $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$, lieu de rebroussements des C_1 et C_2. Pour (p_1, q_1), l'équation

aux plans focaux est aussi indéterminée, l'équation aux points focaux a une racine double.

3. *Corrélativement*, il y a des droites singulières $\mathcal{D}_1$, à plans focaux confondus suivant un *plan bitangent* Π *à la surface focale*, à points focaux distincts, $\mathcal{F}_1$ et $\mathcal{F}_2$ étant les contacts de Π avec S_1 et S_2. Soit $\mathcal{C}_1$ le lieu de $\mathcal{F}_1$ sur S_1, $\mathcal{C}_2$ celui de $\mathcal{F}_2$ sur S_2. Ici a et b *ne sont plus uniformes en* (p, q) au voisinage de $m_1(p_1, q_1)$ trace de $\mathcal{D}_1$ sur xOy; mais a, b, p, q seraient uniformes en (u, v) coordonnées d'un plan passant par D et par un point fixe de l'espace : par exemple a et p seraient uniformes en (b, q). Par $\mathcal{D}_1$ passent *trois* développables de la congruence. La première, Δ_1, a son arête $\mathcal{A}_1$ sur S_1, tangente en $\mathcal{F}_1$ à $\mathcal{D}_1$, : $\mathcal{F}_1$ *est un rebroussement de* $\mathcal{A}_1$; Δ_1 touche S_2 suivant C_1, tangente en $\mathcal{F}_2$ à $\mathcal{C}_2$; en $\mathcal{F}_2$ il y a *contact du troisième ordre* entre C_1 et la courbe de contact avec S_2 du cône de sommet $\mathcal{F}_1$. La deuxième, Δ_2, a des propriétés analogues en intervertissant S_1 et S_2. La troisième, développable singulière, est l'enveloppe des plans bitangents considérés : elle touche S_1 suivant $\mathcal{C}_1$ et S_2 suivant $\mathcal{C}_2$. Avec des paramètres (u, v) tels que a, b, p, q soient uniformes autour de (u_1, v_1) relatifs à $\mathcal{D}_1$, l'équation différentielle des développables devient indéterminée, ainsi que l'équation aux points focaux; l'équation aux plans focaux a une racine double.

4. Les considérations précédentes s'appliquent aux ombilics et aux lignes de courbure d'une surface donnée Σ, en envisageant la surface des centres $\mathcal{S}$. A un ombilic μ de Σ correspond un point double M de $\mathcal{S}$. Par μ passe, sur Σ, la ligne imaginaire L des points à directions principales confondues suivant une droite isotrope qui soit tangente asymptotique; L est lieu de rebroussements des lignes de courbure de Σ, elle joue le rôle de $H = 0$ du n° 1. Il lui correspond, sur $\mathcal{S}$, la ligne $\mathcal{L}$ du n° 1 et cette ligne passe au point double M de $\mathcal{S}$. La normale D_1 à Σ en μ présente des phénomènes connus analogues à ceux qu'on a signalés au n° 2, seulement, ici M peut être point double isolé de $\mathcal{S}$. L'équation aux développables est indéterminée, pour D_1. Ce qu'on a dit au n° 2 s'applique directement aux *lignes d'ombilics* correspondant à des lignes doubles de la surface des centres.

Les résultats qui précèdent ne concernent que les cas *généraux*. Les cas particuliers seront étudiés dans un Mémoire ultérieur, ainsi que de nombreux exemples.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les invariants des séries entières.*
Note de M. J. **Hjelmslev**, présentée par M. Goursat.

Problème I. — *Soient* N *séries entières de* n *variables* $t_1, t_2, \ldots, t_n (N > n \geqq 1)$

$$a_i(t_1, t_2, \ldots, t_n) = \sum_p a_{ip} t_p + \frac{1}{1.2} \sum_{p,q} a_{ipq} t_p t_q + \ldots.$$

Considérons le groupe des substitutions

$$t_k \to \sum_p \alpha_{kp} t_p + \frac{1}{1.2} \sum_{p,q} \alpha_{kpq} t_p t_q + \ldots,$$

les α *étant arbitraires. Trouver les invariants; c'est-à-dire les fonctions des coefficients* $a_{ip}, a_{ipq}, \ldots,$ *qui se transforment en elles-mêmes quand on y substitue les coefficients correspondants des séries transformées.*

Solution. — On transforme $a_1(t_1, t_2, \ldots, t_n)$, $a_2(t_1, t_2, \ldots, t_n)$, $\ldots$, $a_n(t_1, t_2, \ldots, t_n)$ en $t_1, t_2, \ldots, t_n$ respectivement. La substitution correspondante est unique. On la trouve par des calculs algébriques élémentaires. Les autres séries $a_{n+1}(t_1, t_2, \ldots, t_n)$, $\ldots$, $a_N(t_1, t_2, \ldots, t_n)$ seront transformées par la même substitution en des séries nouvelles, dont les coefficients forment un système complet d'invariants. Le résultat s'exprime d'une autre manière, qui rend la solution évidente. On ordonne les N — n séries en séries entières des n autres séries considérées comme des variables indépendantes. Les coefficients obtenus sont les invariants cherchés.

En même temps qu'on a trouvé les invariants, on a trouvé aussi les covariants. En effet, à chaque invariant correspondra un covariant qu'on obtiendra en remplaçant les coefficients par les dérivées aux indices correspondants $\left(\text{par exemple on remplacera } a_{ipq} \text{ par } \frac{\partial a_i(t_1, t_2, \ldots, t_n)}{\partial t_p \, \partial t_q}, \text{ la dérivation étant purement formelle}\right)$.

Le calcul algébrique des séries entières et la théorie de leurs invariants comprend le calcul différentiel ordinaire. En supposant les séries convergentes, on reconnaît des questions connues sur les fonctions analytiques. Mais nos considérations s'étendent aussi aux fonctions plus générales. Soit, par exemple, une fonction d'une variable t dérivable un certain nombre n de fois. La fonction s'exprimera par

$$f(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \ldots + a_n t^n + o(t^n).$$

Effectuant la substitution $t \to \alpha_1 t + \frac{1}{2}\alpha_2 t^2 + \ldots$ le terme $o(t^n)$ sera transformé en $o(t^n)$, c'est-à-dire que ce terme est un « invariant », on peut donc le laisser de côté. Ainsi nos considérations sur les invariants s'appliquent aux fonctions dérivables un certain nombre de fois. Mais ces considérations auront évidemment des applications encore plus générales.

De ce point de vue on reconnaît qu'en réalité le calcul de dérivation ne contient rien qui ne soit dans le calcul des polynomes, et qu'en vérité le calcul des polynomes est le plus général.

PROBLÈME II. — *Soit une série entière de n variables $t_1, t_2, \ldots, t_n$*

$$A(t_1, t_2, \ldots, t_n) = \sum_p A_p t_p + \frac{1}{1.2}\sum_{p,q} A_{pq} t_p t_q + \ldots;$$

où les A_p, A_{pq}, ... sont des vecteurs dans un espace euclidien dont le nombre de dimensions surpasse n. Considérons le groupe des substitutions

$$t_i \to \sum_p \alpha_{ip} t_p + \frac{1}{1.2}\sum_{p,q} \alpha_{ipq} t_p t_q + \ldots,$$

les α_{ip}, α_{ipq} étant des scalaires arbitraires.

Trouver les invariants.

La solution de ce problème est contenue dans la solution du problème I. Mais nous en donnerons une autre purement vectorielle.

Solution. — Par une des substitutions on transforme la série en une autre ayant les mêmes termes du premier degré et, pour les termes des degrés supérieurs, des coefficients A'_{kl}, A'_{klm}, ..., tels que $A_p A'_{kl} = 0$, $A_p A'_{klm} = 0$, ...

Les invariants simultanés absolus des formes algébriques obtenues $\Sigma A_p t_p$, $\Sigma A'_{pq} t_p t_q$, ... forment un système complet d'invariants vectoriels. On peut ajouter que les formes susdites représentent un système complet de tenseurs covariants.

PROBLÈME III. — *Trouver les invariants simultanés d'une suite de séries entières vectorielles ou scalaires. La solution de ce problème se trouve aisément au moyen de la même méthode, déjà indiquée pour les problèmes I et II.*

La solution des problèmes précédents comprend la solution des problèmes connus non seulement du calcul de dérivation ordinaire mais aussi du calcul différentiel dit absolu. Mais le calcul se présente de notre point de vue comme purement algébrique et indépendant des questions de convergence ou des concepts infinitésimaux. Pour les applications, l'utilisation systématique de ce calcul des séries entières représentera une véritable généralisation des méthodes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode intermédiaire de calcul des variations.* Note de M. **André Roussel**, présentée par M. Goursat.

1. Le but de cette Note est d'indiquer un procédé intermédiaire entre la méthode directe de Lebesgue-Hilbert et les méthodes classiques, applicable dans des cas étendus, et permettant d'affirmer l'existence des fonctions définies par les équations du calcul des variations. Il consiste, étant donnée l'intégrale

$$I=\int_a^b f[x, y, y', \ldots, y^{(n)}]\, dx,$$

à chercher son minimum dans la *classe restreinte* des courbes satisfaisant à des inégalités de la forme, où $y, y', \ldots y^{(2n)}$ sont continues

$$|y|\leqq M, \quad |y'|\leqq M, \quad \ldots, \quad |y^{(2n)}|\leqq M, \quad |y^{(2n)}(x_2)-y^{(2n)}(x_1)|\leqq M\,|x_2-x_1|.$$

Alors le théorème d'Ascoli permet d'affirmer l'existence d'une fonction $y_0(x)$ fournissant le minimum de I [on suppose les intervalles $(b-a)$ contenus dans un même intervalle fini], et satisfaisant aux inégalités précédentes. Si ces dernières ont lieu au sens strict, ce qui a lieu dans des cas très vastes, pour une valeur assez grande de M, on peut alors considérer les fonctions de la forme $y_0+\alpha\eta$ qui font partie de la classe restreinte envisagée, et les raisonnements classiques montrent que y_0 satisfait aux équations du calcul des variations.

Exemples. — Faisons $n=2$ et supposons, pour toutes les valeurs de y, y', y'', que l'on ait $\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}>\alpha$, $\frac{\partial^2 f}{\partial y''^2}>\beta$, $f>\gamma$ où α, β, γ sont des constantes positives. Si f admet des dérivées partielles du cinquième ordre continues, on peut alors trouver une extrémale $y_0(x)$ satisfaisant aux conditions

$$y_0(a)=\mu, \qquad y'_0(a)=\mu', \qquad y_0(b)=\nu, \qquad y'_0(b)=\nu',$$

μ, μ', ν, ν' étant arbitraires. On généralise immédiatement pour n quelconque. Les extrémales obtenues sont d'ailleurs uniques si la figurative

$$u=f[x, y, y', \ldots, y^{(n)}]$$

tourne au sens strict sa concavité vers les u positifs. Ce raisonnement s'étend aux intégrales doubles portant sur une expression dépendant de dérivées jusqu'à un ordre quelconque n, les inégalités devenant cependant de plus en plus restrictives. Ainsi pour $n=1$ s'il existe trois constantes positives α_1,

β_1, γ_1 telles que

$$F(x, y, z, p, q) > \alpha_1, \qquad \frac{\partial^2 F}{\partial p^2} > \beta_1, \qquad \frac{\partial^2 F}{\partial p^2}\frac{\partial^2 F}{\partial q^2} - \frac{\partial F^2}{\partial p\, \partial q} > \gamma_1,$$

et si F admet des dérivées troisièmes continues, on peut faire passer par toute courbe fermée sans points doubles, représentée par des équations paramétriques ayant des dérivées continues des trois premiers ordres, une surface intégrale de l'équation d'Euler relative à F.

2. Pour terminer j'indique une application de la méthode de Lebesgue-Hilbert inédite à ma connaissance. Soit un élément linéaire

$$ds^2 = E\, du^2 + 2F\, du\, dv + G\, dv^2,$$

les seules hypothèses sur E, F, G, outre la continuité, étant

$$E > \alpha > 0, \qquad G > \beta > 0, \qquad EG - F^2 > \gamma > 0;$$

alors par deux points assez voisins il passe une seule géodésique rectifiable *admettant une tangente variant avec continuité*. A chaque direction issue d'un point P correspond une géodésique qui lui est tangente, et si l'on prend à partir de P des arcs de même longueur sur chacune d'elles on obtient leurs trajectoires orthogonales. Enfin l'équation de ces géodésiques s'obtient en écrivant que l'intégrale curviligne adjointe à $\int ds$ est nulle sur tout contour fermé.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières à série lacunaire.* Note (¹) de M. G. Pólya, transmise par M. Hadamard.

1. Les remarques suivantes constituent, à ce qu'il me paraît, une première réponse à une question intéressante posée récemment par M. A. Bloch (²). Une fonction entière $\mathcal{G}(z)$ prend, d'après M. Julia, toute valeur, sauf une au plus, une infinité de fois dans un entourage angulaire quelconque de certaines demi-droites issues de l'origine que j'appellerai « demi-droites à la Julia ».

Considérons la fonction entière d'ordre infini

$$\mathcal{G}(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots. \tag{1}$$

(¹) Séance du 25 mai 1927.

(²) *Mémorial des Sciences math.*, fasc. XX, p. 16.

I. *Si les a_n sont positifs, ou si les arguments des a_n sont compris entre*

$$-\delta \quad et \quad +\delta,\ 0<\delta<\frac{\pi}{2},$$

la partie positive de l'axe réel est une demi-droite à la Julia pour $\mathcal{G}(z)$.

II. *Si la densité des coefficients est zéro, chaque demi-droite issue de l'origine est à la Julia.*

III. *Si la densité maximum des coefficients est* $\mathcal{D}$, *chaque angle fermé d'ouverture* $2\pi\mathcal{D}$ *contient au moins une demi-droite à la Julia.*

IV. *Si* $\mathcal{G}(z)$ *est quelconque, il suffit de changer le signe d'une infinité de coefficients convenablement choisis pour que chaque demi-droite issue de l'origine devienne à la Julia pour la nouvelle série.*

En remplaçant « fonction entière d'ordre infini » et « demi-droite à la Julia » par « série à rayon de convergence fini » et « point singulier », I-IV se changent en théorèmes connus. Voici la raison :

Si $\mathcal{G}(z)$ est d'ordre infini dans chaque entourage angulaire d'une demi-droite, cette dernière est à la Julia, d'après M. Bieberbach. Donc par exemple le théorème II est contenu dans le suivant :

II'. *Si la densité des coefficients d'une fonction entière* $\mathcal{G}(z)$ *est zéro et son ordre* λ $(\lambda \leqq \infty)$, $\mathcal{G}(z)$ *ne peut être d'ordre inférieur à* λ *dans aucun angle.*

Mais II' peut être généralisé de manière qu'il comprenne un théorème sur le type de certaines fonctions entières d'ordre 1, théorème qui, par l'intermédiaire de la sommation exponentielle, est équivalent au théorème connu de M. Fabry, analogue à II.

2. Il suffit de démontrer II' en supposant : 1° que la bissectrice de l'angle en question est l'axe réel positif et 2° que les coefficients a_n sont réels et $a_0 > 0$. En suivant une méthode due à M. Faber, on définit une fonction entière

$$g(z) = \prod_{n=1}^{\infty}(1 - z^2 l_n^{-2}),$$

telle que $2l_n$ soit un entier positif impair, $nl_n^{-1} \to 0$ et

$$(2) \qquad g(n)a_n \geqq 0 \qquad \text{pour } n = 0, 1, 2, \ldots.$$

On sait que

$$(3) \qquad f(z) = g(0) + g(1)z + g(2)z^2 + \ldots$$

est une fonction entière de $(z-1)^{-1}$ qui s'annule pour $z=\infty$ et que

$$(4) \qquad \left|\sqrt[n]{g(n)}\right| \to 1.$$

Considérons $\mathcal{H}(f, \mathcal{G})$, la série composée à la manière de M. Hadamard avec (1) et (3). On a

$$(5) \qquad g(0)a_0 + g(1)a_1 z + \ldots + g(n)a_n z^n + \ldots = \frac{1}{2\pi i}\int f(u)\,\mathcal{G}\left(\frac{z}{u}\right)\frac{du}{u};$$

le chemin d'intégration étant un petit cercle entourant le point $u = 1$ et parcouru en sens inverse. Le premier membre de (5) représente, d'après (4) et (2), une fonction entière d'ordre λ à coefficients positifs; mais le second membre serait d'ordre inférieur à λ le long de l'axe réel positif si $\mathcal{G}(z)$ l'était dans un angle contenant l'axe réel positif.

Par la même méthode, on obtient d'autres résultats, dont voici un : *une fonction entière d'ordre fini dont les coefficients sont de densité* 0 *n'a pas de valeur asymptotique finie.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les suites de fonctions analytiques.* Note (1) de M. **Gr. Fichtenholz**, présentée par M. Émile Borel.

Les résultats de notre Note récente (2) se transportent (avec quelques simplifications) aux suites de fonctions analytiques de la variable complexe z, holomorphes pour $|z| < 1$. Soit $\{\varphi_n(z)\}$ une telle suite. Nous allons l'assujettir à l'une des deux conditions (A^*), (B^*), tout à fait analogues aux conditions (A), (B) de la Note citée.

Si la condition (A^*) est vérifiée, la fonction $\varphi_n(z)$ est présentée par la formule de Poisson :

$$\varphi_n(re^{i\theta}) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi_n(e^{i\lambda})\,\frac{1-r^2}{1-2r\cos(\lambda-\theta)+r^2}\,d\lambda$$

ou, si l'on veut, par la formule de Cauchy :

$$\varphi_n(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\mathbf{C}} \frac{\varphi_n(t)\,dt}{t-z},$$

où la dernière intégrale est étendue sur la circonférence $\mathbf{C}$ $(|z| = 1)$ et $\varphi_n(t) = \varphi_n(e^{i\lambda})$ désigne la limite de $\varphi_n(z)$, lorsque z tend vers $t = e^{i\lambda}$ le long d'un chemin non tangent à $\mathbf{C}$ (cette limite existant, dans ce cas, presque partout).

(1) Séance du 7 juin 1927.

(2) *Sur les suites de fonctions harmoniques* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1370).

De la même façon, dans l'hypothèse (B^*), on a pour chaque fonction $\varphi_8(z)$ la formule de Poisson généralisée :

$$(1) \qquad \varphi_n(r e^{i\theta}) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{1-r^2}{1-2r\cos(\lambda-\theta)+r^2}\, d\Phi_n(\lambda)$$

et, en même temps, la formule de Cauchy généralisée :

$$(2) \qquad \varphi_n(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{\mathbf{C}} \frac{d\Psi_n(t)}{t-z},$$

où les intégrales sont prises dans le sens de Stieltjes et les fonctions $\Phi_n(\lambda)$, $\Psi_n(t)$ sont à variation bornée; de plus, on a

$$\lim_{z \succ t} \varphi_n(z) = \frac{d}{dt}\Psi_n(t)$$

partout où cette dérivée (le long de la circonférence **C**) existe et est finie, c'est-à-dire presque partout sur **C**. Les fonctions $\Phi_n(\lambda)$, $\Psi_n(t)$ peuvent être supposées *réduites*, dans ce sens qu'on a

$$\int_0^{2\pi} \Phi_n(\lambda)\, d\lambda = 0, \quad \text{resp.}, \quad \int_{\mathbf{C}} \Psi_n(t)\, dt = 0.$$

On a les propositions suivantes :

THÉORÈME I. — *Dans l'hypothèse* (A^*), *pour que la suite* $\{\varphi_n(z)\}$ *converge vers une fonction holomorphe* $\varphi(z)$ (*pour* $|z| < 1$); IL FAUT ET IL SUFFIT *que les intégrales*

$$\Phi_n(\theta) = \int_0^\theta \varphi_n(e^{i\lambda})\, d\lambda$$

tendent, pour $n \to \infty$, *vers la fonction-limite* $\Phi(\theta)$ *dans un ensemble* $\mathfrak{M} = \{M\}$ *de points* $M(e^{i\theta})$ *sur* **C** *dont la mesure est positive.*

Cette condition étant remplie, la limite $\Phi(\theta) = \lim_{n \succ \infty} \Phi_n(\theta)$ existera partout sur **C** et se présentera sous la forme de l'intégrale indéfinie d'une fonction sommable $\varphi^*(\lambda) = \varphi(e^{i\lambda})$; avec cette fonction-ci, pour la fonction-limite $\varphi(z) = \lim_{n \succ \infty} \varphi_n(z)$, on a la formule

$$\varphi(r e^{i\theta}) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \varphi(e^{i\lambda}) \frac{1-r^2}{1-2r\cos(\lambda-\theta)+r^2}\, d\lambda.$$

THÉORÈME I*. — *Le théorème précédent subsiste, si l'on y remplace la fonc-*

tion $\Phi_n(\lambda)$ *par la fonction*

$$\Psi_n(x) = \int_1^x \varphi_n(t)\,dt,$$

l'intégrale s'étendant sur l'arc de la circonférence **C**.

La limite $\Psi(x) = \lim_{n \to \infty} \Psi_n(x)$ [qui existe partout sur **C**, pourvu qu'elle existe sur $\mathfrak{M}$, mes $\mathfrak{M} > 0$] se présentera sous la forme

$$\Psi(x) = \int_1^x \varphi(t)\,dt$$

et nous aurons

$$\lim_{n \to \infty} \varphi_n(z) = \varphi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\mathbf{C}} \frac{\varphi(t)\,dt}{t - z},$$

avec $\lim_{z \to t} \varphi(z) = \varphi(t)$ presque partout sur **C**.

Théorème II. — *Si la suite* $\{\varphi_n(z)\}$ *satisfait à l'hypothèse* (B*), *pour que cette suite converge vers la fonction holomorphe* [*pour* $|z| < 1$], IL FAUT ET IL SUFFIT *que la fonction* $\Phi_n(\lambda)$, *dans la formule* (1), *converge en mesure, pour* $n \to \infty$, *vers la fonction-limite, dans un ensemble* $\mathfrak{M} = \{M\}$ *de points* $M(e^{i\lambda})$ *sur* **C**, mes $\mathfrak{M} > 0$.

Cette condition étant remplie sur $\mathfrak{M}$, elle est vérifiée d'elle-même partout sur **C**; il en résulte aussi qu'il existe la limite déterminée

$$\lim_{n \to \infty} [\Phi_n(2\pi) - \Phi_n(0)] = c.$$

Parmi les fonctions-limites équivalentes de la fonction $\Phi_n(\lambda)$, on trouve une fonction $\Phi(\lambda)$ à variation bornée, satisfaisant de plus à la condition $\Phi(2\pi) - \Phi(0) = c$; avec cette fonction-ci on aura

$$\lim_{n \to \infty} \varphi_n(re^{i\theta}) = \varphi(re^{i\theta}) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1 - r^2}{1 - 2r\cos(\lambda - \theta) + r^2}\,d\Phi(\lambda).$$

En partant de la formule (2), au lieu de (1), on transformera ce théorème en un théorème II* qui est analogue au théorème I*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le déplacement des zéros des fonctions entières par leur dérivation.* Note de **M. Biernacki**, présentée par M. Émile Borel.

1. Cette Note complète une Note portant le même titre et présentée à l'Académie des Sciences le 3 juillet 1922.

Considérons une fonction entière $f(z)$ d'ordre fini ayant tous ses zéros réels, appelons p le genre de son produit canonique $\pi(z)$, q celui du facteur exponentiel, désignons par a_n ses zéros et en posant $|a_n| = n^{\lambda_n} \overline{\lim_{n=\infty}} \lambda_n = \lambda'$. Nous dirons que les zéros s'accumulent vers une demi-droite ou vers une droite si l'angle ou les angles d'ouverture arbitrairement petite dont cette demi-droite ou cette droite est bissectrice contient une infinité de zéros.

Dans la Note citée j'ai établi que, *sauf peut-être dans le cas où les trois conditions suivantes sont simultanément remplies : 1° $p = q$ entier impair; 2° $\lambda' \geqq \frac{1}{p}$; 3° les deux produits canoniques correspondant aux zéros positifs et négatifs seuls sont du même genre* (¹), *les zéros de la dérivée ne peuvent s'accumuler que vers l'axe réel.*

Depuis, M. Ålander a montré (²) que mon théorème subsiste si en posant $f(z) = e^{c_p \frac{z^p}{p} + \ldots + c_1 z} \pi(z)$, c_p est réel; il a montré en outre que si tous les zéros de $f(z)$ sont par exemple positifs l'axe positif est, dans tous les cas, la seule demi-droite d'accumulation.

En rédigeant ladite Note je croyais que mon théorème s'étendait en réalité à toutes les fonctions d'ordre fini. Il n'en est cependant pas ainsi.

2. *Il existe des fonctions de tout genre impair p ayant tous leurs zéros réels et dont la dérivée a une infinité de zéros purement imaginaires.*

Définissons une suite de nombres positifs λ_n de la manière suivante :

Soient λ, μ des nombres fixes satisfaisant aux inégalités $\frac{p+2}{(p+1)^2} < \lambda < \frac{1}{p}$, $1 < \mu < (p+1)[(p+1)\lambda - 1]$ et $n_1, n_2, n_3, \ldots$ une suite infinie d'entiers positifs qui va être définie. Pour $n = n_k - 1$, on posera $\lambda_n = \lambda$; pour $n_k \leqq n \leqq n_k^{p+1}$, $\lambda_n = \mu$; enfin pour $n_k^{p+1} < n \leqq n_{k+1} - 1$, on choisira les λ_n décroissants de manière que $\frac{\lambda_{n+1}}{\lambda_n} > \frac{\log n}{\log(n+1)}$. On peut prendre, par exemple, $n_1 = 2$ et la dernière condition permet de déterminer successivement les nombres n_k. Considérons l'expression $\Phi(y) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{y}{a_n^{p-1}(a_n^2 + y^2)}$, où $a_n = n^{\lambda_n}$.

(¹) Dans la Note citée j'ai formulé des conditions légèrement différentes.

(²) *Arkiv för Matematik*, 18, 1924, p. 1-18. On trouvera dans ce travail d'autres propositions concernant notre sujet.

Si $y = a_{n_k}$, $\Phi(y) \to 0$ lorsque $k \to \infty$. Écrivons $\Phi(y) = \sum_1^{n_k - 1} + \sum_{n_k}^{n_k^{p+1}} + \sum_{n_k^{p+1}+1}^{\infty}$.

La première somme est inférieure au produit du premier terme par $n_k = y^{\frac{1}{\mu}}$, la deuxième est inférieure à $\sum_{n_k}^{\infty} \frac{y}{n^{(p+1)\mu}} \to 0\left(\frac{y}{n_k^{(p+1)\mu-1}} = \frac{1}{y^{p-\frac{1}{\mu}}}\right)$, la troisième est inférieure à $\sum_{n_k^{p+1}}^{\infty} \frac{y}{n^{(p+1)\lambda}} \to 0\left(\frac{y}{n_k^{(p+1)[(p+1)\lambda-1]}} = \frac{1}{y^{\frac{(p+1)[(p+1)\lambda-1]}{\mu}-1}}\right)$.

Si $y = a_{n_{k-1}}$, $\Phi(y) \to \infty$ lorsque $k \to \infty$. Considérons $\sum_1^{n_k - 1} \frac{y}{a_n^{p-1}(a_n^n + y^2)}$.
Chaque terme est plus grand que $\frac{1}{2y^p}$ et le nombre des termes est $y^{\frac{1}{\lambda}}$.

Ainsi donc β étant un nombre positif arbitraire, l'équation $\Phi(y) = \beta$ a une infinité de racines positives. Considérons la fonction $f(z) = e^{\frac{2\beta i}{p} z^p} \pi(z)$, les zéros de $\pi(z)$ étant $\pm a_n$ et $\beta > 0$. Les zéros de la dérivée sont donnés par l'équation $\frac{\pi'(z)}{z^{p-1}\pi(z)} = -2\beta i$. Si $z = iy$, le premier membre se réduit à $-2i\Phi(y)$.

3. Cependant, *étant donnée une fonction de la forme* $f(z) = e^{\frac{c_p}{p} z^p + \ldots + c_1 z} \pi(z)$ *où* $\pi(z)$ *est un produit canonique du genre* p *à zéros réels quelconques et* c_1, c_2, ..., c_{p-1} *sont fixés,* $f'(z)$ *a une infinité de zéros s'accumulant vers l'axe réels sauf peut-être pour deux valeurs de* c_p. Car ces zéros sont donnés par l'équation

$$\frac{\pi'(z)}{z^{p-1}\pi(z)} + \frac{c_{p-1}}{z} + \ldots + \frac{c_1}{z^{p-1}} \equiv h(z) = -c_p,$$

$h(z)$ est une fonction méromorphe d'ordre non nul. D'après M. Ostrowski [1] une telle fonction n'est pas « exceptionnelle Julia » ; il existe une demi-droite d'accumulation des zéros de toutes les équations $h(z) = -c_p$, sauf pour deux valeurs de c_p au plus. Or, dans le demi-plan supérieur par exemple, le coefficient de i dans $h(z)$ est inférieur à ε, $\varepsilon > 0$ étant arbitrairement petit si $|z|$ est assez grand.

---

(1) *Mathematische Zeitschrift*, 29, 1925, p. 257-258.

4. Je remarque pour terminer qu'*il existe des fonctions $f(z)$ dont les zéros de la dérivée s'accumulent exclusivement vers l'axe réel, tandis que leur distance à cet axe augmente indéfiniment avec le module*. Exemple : $\frac{e^{iz}-1}{z}$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les orbites périodiques du problème des trois corps avec chocs de deux corps*. Note de M. **Kiveliovitch**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons le mouvement des trois corps : P_0, P et P' de masses m_0, m et m'. Rapportons les mouvements de P à P_0 et de P' au centre de gravité de P_0P. Soient x_i, p_i et x'_i, p'_i les coordonnées canoniques correspondantes. Soient r, r_1 et r_2 les distances mutuelles et $\rho^2 = \sum_1^3 (x'_i)^2$.

L'intégrale des forces vives sera

$$F = \frac{1}{2\mu}\sum_1^3 (p_i)^2 + \frac{1}{2\mu'}\sum_1^3 (p'_i)^2 - \frac{\alpha}{r} - \frac{\alpha_1}{r_1} - \frac{\alpha_2}{r_2} = E.$$

Supposons que, pour $t=0$, les corps P_0 et P se choquent $(r=0)$. Pour régulariser le mouvement posons $dt = r\,du$ $(u=0$ pour $t=0)$ et appliquons la transformation de Levi-Civita ([1]) :

$$x_i = \zeta_i\omega^2 - 2\omega_i\sum_1^3 \zeta_j\omega_j, \qquad p_i = \frac{\omega_i}{\omega^2}, \qquad \omega^2 = \sum_1^3 (\omega_i)^2$$

l'intégrale des forces vives étant remplacée par $H = r(F-E)$.

On trouve un nouveau système canonique

$$(\mathrm{I}) \quad \begin{cases} \dfrac{d\zeta_i}{du} = \dfrac{\partial H}{\partial \omega_i}, \qquad \dfrac{d\omega_i}{du} = -\dfrac{\partial H}{\partial \zeta_i}, \qquad \dfrac{dx'_i}{du} = \dfrac{\partial H}{\partial p_i}, \qquad \dfrac{dp_i}{du} = -\dfrac{\partial H}{\partial x'_i}, \\[2ex] H = -\alpha + \dfrac{\zeta}{2\mu} + \zeta\omega^2\left[\dfrac{\sum_1^3 (p'_i)^2}{2\mu'} - \dfrac{\alpha_1}{r_1} - \dfrac{\alpha_2}{r_2} - E\right] = 0, \end{cases}$$

E étant une constante fixée d'avance.

Supposons que la masse m_0 soit très grande par rapport à m et m'. On

([1]) *Comptes rendus*, 162, 1916, p. 625.

peut mettre H sous la forme suivante :

$$H = H_1 + \varepsilon H_2,$$

$$H_1 = -\alpha + \frac{\zeta}{2\mu} + \zeta\omega^2 \left[\frac{\sum \frac{(p_i')^2}{2\mu'}}{2\mu'} - \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\rho} \right]$$

et

$$\varepsilon H_2 = \zeta\omega^2 \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\rho} - \frac{\alpha_1}{r_1} - \frac{\alpha_2}{r_2} \right).$$

On intègre le système (I) par la méthode de Jacobi en supposant $\varepsilon = 0$. Comme pour la transformation de Levi-Cività, on a supposé E fixée d'avance, il est avantageux de prendre comme nouvelles variables canoniques le système iso-énergétique étudié par MM. Andoyer [1], Levi-Cività [2] et De Sutter [3].

On trouve pour $\varepsilon = 0$:

$$\zeta_i = A_i[W_1 + \sqrt{W_1^2 - G_1^2} \cos w_1], \qquad x_i' = A_i'[W_2 - \sqrt{W_2^2 - G_2^2} \cos w_2];$$

les A_i et A_i' sont respectivement des fonctions de G_1, Θ_1, g_1 et θ_1 ; G_2, Θ_2, g_2 et θ_2 périodiques en g_1, θ_1, g_2 et θ_2. Les variables g_i, θ_i, G_i et Θ_i sont analogues aux variables de Delaunay, les W_i sont proportionnelles aux grands axes, w_1 et w_2 les anomalies excentriques.

Pour que le mouvement admette un choc au temps $t = 0$, il faut que $G_1 = 0$, c'est-à-dire que le corps P décrive, pour $\varepsilon = 0$, d'un mouvement périodique un segment de droite de longueur $2\sqrt{\sum_1^3 (A_i)^2 W_1}$; le corps P' décrit une ellipse.

Pour $\varepsilon \neq 0$, on aura le système suivant :

$$(\text{II}) \begin{cases} \dfrac{dW_i}{du} = -\dfrac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial w_i}, \quad \dfrac{dG_i}{du} = -\dfrac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial g_i}, \quad \dfrac{d\Theta_i}{du} = -\dfrac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial \theta_i} \\ \dfrac{dw_i}{du} = h_1 + \dfrac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial W_1}, \quad \dfrac{dw_2}{du} = h_2 \dfrac{\zeta\omega^2}{\rho} + \dfrac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial W_2} \\ \dfrac{dg_i}{du} = \dfrac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial G_i}, \quad \dfrac{d\theta_i}{du} = \dfrac{\partial(\varepsilon H_2)}{\partial \Theta_i} \end{cases} \qquad (i = 1, 2).$$

h_1 et h_2 des constantes.

---

(1) *Bulletin astronomique*, **30**, 1913, p. 425 ; et **32**, 1918, p. 5.
(2) *Annali di Matematica*, **20**, série III, 1913, p. 153.
(3) *Comptes rendus de l'Académie d'Amsterdam*, **16**$_1$, 1913, p. 279.

Si l'on applique à ce système la méthode de Poincaré pour la recherche des solutions périodiques et en développant la fonction perturbatrice εH_2 suivant l'anomalie excentrique w_1, d'après la méthode de Hansen, on trouve que pour $\varepsilon \neq 0$ il existe :

1° Dans le cas plan, une orbite périodique, analogue à la solution de la deuxième sorte de Poincaré et dépendant de trois paramètres.

2° Dans l'espace, une orbite périodique analogue à la solution de la troisième sorte de Poincaré.

Dans les deux cas il faut que le rapport des moyens mouvements soit égal à un nombre entier et, en outre, la constante des aires doit être convenablement choisie.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le mouvement des nœuds de certaines orbites.* Note [1] de M. **P. Fatou**, présentée par M. Maurice Hamy.

Soient x, y, z les coordonnées d'un point de masse 1, soumis à une force dérivée du potentiel $\frac{\mu}{r} + F(r, z^2)$, μ constante positive, r rayon vecteur, F fonction uniforme et régulière à distance finie, sauf à l'origine, telle que $\frac{\partial F}{\partial (z^2)} < 0$.

Les équations du mouvement et l'intégrale des aires s'écrivent

$$(1) \quad \begin{cases} x'' = x\left(-\frac{\mu}{r^3} + \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r}\right), \\ y'' = y\left(-\frac{\mu}{r^3} + \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r}\right), \\ z'' = z\left[-\frac{\mu}{r^3} + \frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r} + 2\frac{\partial F}{\partial (z^2)}\right], \\ \qquad xy' - yx' = C. \end{cases}$$

Laissant de côté les trajectoires dans le plan $z = 0$, ou dans un plan passant par Oz ($C = 0$), nous considérons la ligne des nœuds instantanée, intersection du plan des xy et du plan tangent passant par O :

$$X(yz' - zy') + Y(zx' - xz') = 0.$$

---

[1] Séance du 13 juin 1927.

Soit ω la longitude de l'un des nœuds comptée à partir de Ox; les équations précédentes donnent

$$(2)\qquad \omega' = \frac{d\omega}{dt} = \frac{2Cz^2\dfrac{\partial F}{\partial(z^2)}}{(xz'-x'z)^2+(yz'-y'z)^2},$$

d'où $C\frac{d\omega}{dt} \leqq 0$, l'égalité n'ayant lieu qu'aux instants où $z=0$. Le mouvement des nœuds est donc de sens contraire à celui de la projection du mobile sur le plan xOy (conséquence aussi d'une propriété géométrique des trajectoires que nous exposerons ailleurs).

Ceci s'applique aux orbites intermédiaires considérées par Hill dans la théorie de la Lune [1]; les équations du mouvement du centre de gravité de la Lune, rapporté à des axes de direction fixe convenablement choisis, passant par celui de la Terre, prennent en effet la forme (1) en posant

$$F = \frac{n'^2}{4}(r^2-3z^2), \qquad \text{d'où} \qquad \frac{\partial F}{\partial(z^2)} = -\frac{3n'^2}{4} < 0.$$

Considérons également les trajectoires d'un point soumis à l'action d'un sphéroïde de révolution aplati ayant un équateur [2]; on a

$$F = \frac{K}{r^3}\left(\frac{1}{3}-\sin^2 D\right) = \frac{K}{r^3}\left(\frac{1}{3}-\frac{z^2}{r^2}\right),$$
$$\frac{\partial F}{\partial(z^2)} = \frac{-K}{r^5} < 0$$

et le mouvement des nœuds est encore rétrograde.

Dans ces deux exemples, les trajectoires, correspondant à un domaine de variation convenable des constantes d'intégration, remplissent l'intérieur d'une surface annulaire de révolution ne rencontrant pas Oz (conséquence de l'intégrale de Jacobi). Elles comprennent un cercle $\Gamma(r=a,\ z=0)$ qui correspond à une position stable d'équilibre relatif, autrement dit à un maximum de la fonction $\frac{\mu}{r}+F(r,z^2)-\frac{C^2}{2(r^2-z^2)}$. Pour une orbite de ce faisceau, on déduit de (2) des limites supérieure et inférieure de $|\omega'|$. Soit

$$x=\rho\cos\theta, \qquad y=\rho\sin\theta, \qquad C=\rho^2\theta',$$

---

(1) Voir par exemple ANDOYER, *Sur un problème simple de Mécanique céleste Bull. de la Soc. math. de France*, 52, 1, 1924, p. 1-2).

(2) V. TISSERAND, *Traité de Mécanique céleste*, 3, p. 144 et suiv. — P. FATOU, *Sur le mouvement d'un point matériel soumis à l'attraction d'un sphéroïde aplati* (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 366).

d'où

(3)
$$\omega' = 2\frac{\partial F}{\partial(z^2)}\frac{\theta'}{\left(\frac{z'}{z}-\frac{\rho'}{\rho}\right)^2+\theta'^2},$$

En vertu de la troisième équation (1), $\frac{z'}{z}$ se met, en choisissant convenablement l'origine des temps, sous la forme $\nu \cot g \nu t$, ν variable comprise entre deux limites positives faciles à évaluer; remplaçons ρ par $e^{\int \sigma\, dt}$ (σ fonction bornée, pratiquement petite par rapport à ν), il vient

$$\omega' = 2\frac{\partial F}{\partial(z^2)}\frac{\theta' \sin^2 \nu t}{(\nu \cos \nu t - \sigma \sin \nu t)^2 + \theta'^2 \sin^2 \nu t}.$$

On déduit de là que ω reste compris entre $mt + h$ et $m't + h'$, m et m' constantes de signe contraire à θ'. Si l'on est sur une orbite infiniment voisine de Γ, le mouvement angulaire du nœud à la limite est donné par

(4)
$$\frac{d\omega}{dt} = -2q\frac{n \sin^2 \nu^* t}{\nu^{*2}\cos^2 \nu^* t + n^2 \sin^2 \nu^* t},$$

p et q valeurs de $\frac{\partial F}{\partial r}$ et $-\frac{\partial F}{\partial(z^2)}$ pour $r = a$, $z = 0$; n et ν^* constantes définies par

$$na^2 = C, \qquad -\frac{\mu}{a^2} + p + n^2 a = 0, \qquad \nu^* = \sqrt{n^2 + \frac{p}{a} + 2q}.$$

La formule (4) donne alors la valeur limite de m et m' : $g = \frac{-2q}{n+\nu^*}$.

En appliquant ceci au premier exemple de tout à l'heure, on a pour la Lune $g = \frac{-3n'^2}{2(n + \sqrt{n^2 + 2n'^2})}$, d'où une durée de révolution du nœud de $17^a,9$ au lieu de $18^a,6$; eu égard au maximum de simplification introduit dans la question, l'écart est assez faible.

ASTRONOMIE. — *Origine et valeurs des excentricités des orbites d'après la cosmogonie dualiste.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Les cosmogonies monistes, par leurs hypothèses même, sont réduites à considérer comme des anomalies peu explicables les excentricités et les inclinaisons des orbites. Notre cosmogonie dualiste, en précisant les mouve-

ments du protosoleil, des planètes et satellites dans la nébuleuse primitive, peut au contraire en déterminer les causes et les valeurs moyennes. Nous avons déjà reconnu l'importance cosmogonique des aphélies (carte des aphélies des petites planètes) ([1]), résultant de ce fait général que dans la Nature tout mouvement d'oscillation périodique commence au point où l'énergie potentielle est maxima.

La Lune, seul satellite de la Terre, a une orbite dont l'excentricité peu variable doit remonter à l'origine. Soit la Lune en position d'apogée au moment où son rayon vecteur fait avec l'Équateur terrestre un angle de $23°27' - 5° = 18°27'$, l'angle de 5° étant l'angle minimum de ce plan avec l'orbite lunaire. La cosmogonie dualiste a montré que *le rayon moyen de l'orbite de la Lune est la distance à l'axe terrestre lorsqu'elle est à son apogée dans la position définie ci-dessus*. On a alors, e étant l'exentricité calculée et e_1 l'excentricité réelle,

$$(1) \qquad (1 + e)\cos(23°27' - 5°) = 1\,;$$

d'où

$$e = 0{,}0542 \qquad (e_1 = 0{,}0549).$$

Cette vérification précise permet en outre de calculer les limites de e, en introduisant dans (1) les limites $24°36' - 5° = 19°32'$ et $21°59' - 5°18' = 16°41'$ des angles figurant dans la formule. On trouve ainsi les valeurs extrêmes 0,04393 et 0,06150 de l'excentricité de l'orbite lunaire, valeurs qui diffèrent peu des limites 0,04629 — 0,06277 calculées par Tisserand (t. 3, p. 155). Généralisant la formule ([1]) et appelant i l'angle d'une orbite planétaire avec l'écliptique ou d'une orbite satellitaire avec l'équateur de la planète, on obtient :

$$(2) \qquad (1 + e)\cos i = 1,$$

formule qui donne la valeur de e en fonction de i, à condition que d'autres causes d'excentricité ne se surperposent pas à celle qui est due à i. Cette formule limite la valeur de i à 60° : on ne connaît pas en effet de petites planètes ou de satellites dont i approche de 60°. Avec $i = 45°$ on trouve $e = 0{,}424$, valeurs de e et i très voisines de celles de la petite planète HZ 1920 de la famille de Saturne.

Pour Pallas ($i = 34°41'$ $e = 0{,}238$) le calcul donne $e = 0{,}216$.

([1]) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 1460.

Pour VI de Jupiter ($i = 29^\circ \pm 2^\circ\ 12'$, $e = 0{,}133$) le calcul donne $0{,}120 < e < 0{,}169$.

Pour Phébé ($i = 28^\circ\ 06' \pm 5^\circ\ 32'$, $e = 0{,}166$), le calcul donne $0{,}142 < e < 0{,}201$.

La formule (2), ainsi bien vérifiée, exprime que dans l'écliptique ou l'équateur d'un système ($i = 0$) il n'y a d'autre cause d'excentricité que celles qui ne dépendent pas de l'inclinaison et qui sont les suivantes :

La pression de radiation cause d'excentricité. — Le protosoleil, dans sa phase assez courte de Nova, avec une température effective de 24000°, pouvait avoir une pression de radiation 256 fois plus grande que celle du Soleil, pression chassant loin du centre les poussières de la nébuleuse qui exerçaient ainsi une poussée centrifuge, même dans l'écliptique sur les petites planètes de faible masse. Mais cette poussée agit seulement sur une partie de leur orbite pendant un an ou deux, d'où production d'excentricité; car on sait que l'éclat des Novæ s'éteint rapidement et que la période des petites planètes est de 3 à 4 ans. Ainsi s'explique que des petites planètes dont $i < 10^\circ$ aient une excentricité variant de 0,30 à 0,38; elles doivent avoir une faible masse et une faible densité.

Rôle de la translation de la nébuleuse dans la production d'excentricité. — La nébuleuse primitive avait une composante de translation parallèle à l'écliptique, donnant lieu à une poussée P agissant sur toutes les orbites pour les excentrer. En négligeant e^2, on trouve que P produira une excentricité e si à la distance moyenne a elle est de l'ordre de la différence entre l'attraction à la distance a et à la distance périhélie. On aura alors

$$P = 2e\frac{M}{a^2}.$$

Rôle de l'augmentation rapide de la masse du protosoleil. — Si la masse du protosoleil s'accroît en traversant la nébuleuse d'une masse Δ_m en un temps qui ne soit qu'une fraction de la période d'une orbite planétaire, cette orbite sera excentrée. En effet, de la constante des aires combinée avec la troisième loi de Képler, on déduit que la distance moyenne a varie en raison inverse de $M(C^2 = aM)$. Si une orbite est circulaire à la distance $a(1+e)$, sa distance sera réduite à a pour la masse centrale $M + \Delta_m$. Par suite,

$$(M + \Delta_m)a = Ma(1+e), \quad \text{d'où} \quad e = \Delta_m : M.$$

J'ai pu évaluer Δ_m par la loi des rotations [1] applicable à la durée de

[1] *Comptes rendus*, **143**, 1906, p. 1126.

rotation du Soleil, que j'ai obtenue comme la somme de deux termes ($670^h = 615^h,96 + 54^h,13$) dont le second représente la masse relative de la matière ayant accéléré la région équatoriale du Soleil. D'où

$$\Delta_m : \mathrm{M} = 0,0879 = e.$$

D'autre part, Leverrier en 1843 a calculé (comme Stockwell en 1873), les maxima des e_m des orbites planétaires. Si l'on exclut Mercure dont l'excentricité est exceptionnelle en raison du voisinage du protosoleil, la moyenne des e_m calculées par Leverrier est 0,0866, valeur très voisine de 0,0879 trouvée plus haut. Ainsi les planètes ont dû commencer à circuler autour du Soleil au moment où elles en étaient le plus loin (énergie potentielle maxima) et le calcul ci-dessus donne la cause et la valeur moyenne des excentricités maxima des planètes.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'électron magnétique et la mécanique ondulatoire.* Note [1] de M. **L. Rosenfeld**, présentée par M. M. de Broglie.

Supposons que l'électron tourne autour d'un axe *fixe* Oz avec le moment cinétique M; soit φ_1 l'angle de rotation propre. Le moment magnétique de l'électron étant alors

$$(1) \qquad \mathfrak{M} = \mathrm{M}\frac{e}{4\pi m_0 c}$$

(unités de Heaviside), le potentiel vecteur au point de rayon vecteur r et de colatitude θ est

$$a_{x_1} = 0, \qquad a_{y_1} = \frac{\mathfrak{M}\sin\theta}{r^2}, \qquad a_z = 0,$$

l'axe Ox_1 étant l'origine des angles φ_1, choisi de manière que le point potentié soit dans le plan zOx_1.

En se reportant au n° 8 de mon Mémoire sur *l'Univers à cinq dimensions et la mécanique ondulatoire* [2], il est facile de voir que la fonction de de Broglie représentant un tel électron est

$$(2) \qquad \begin{cases} \Psi = \mathrm{A}\,e^{k\mathrm{S}}, & \mathrm{S} = \dfrac{x^0}{a} + \mu ct - \dfrac{c}{e}\mathrm{M}\varphi_1, \\ k = i\mathrm{K} = i\dfrac{2\pi}{h}\dfrac{e}{c}, & \mu = \dfrac{m_0 c^2}{e}. \end{cases}$$

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

(2) *Bull. Ac. roy. Belg.*, 5e série, 13, VI, 1927, p. 16.

Pour quantifier la variable φ_1 d'après le procédé de Schrödinger, nous poserons

(3) $$M = \frac{h}{4\pi} j \qquad (j \text{ entier}).$$

A l'équation de Schrödinger relative à l'électron non magnétique, il faut ajouter les termes dépendant du potentiel vecteur, qui se réduisent ici à

$$+ \frac{4\pi i}{h} \frac{e a_{y_1}}{c} \frac{\partial \Psi}{\partial y^1},$$

c'est-à-dire, en remarquant qu'au point potentié on a

$$\frac{\partial \Psi}{\partial y_1} = \frac{\partial \Psi}{\partial \varphi_1} \frac{\partial \varphi_1}{\partial y_1} = \frac{\partial \Psi}{\partial \varphi_1} \frac{1}{r \sin\theta} = -\frac{ij}{2} \Psi \frac{1}{r \sin\theta},$$

au terme

(4) $$2k \frac{\mathfrak{M} \sin\theta}{r^2} \frac{\partial \Psi}{\partial y_1} = -2ki \frac{\mathfrak{M} \sin\theta}{r^2} \frac{j}{2} \frac{1}{r \sin\theta} \Psi = \frac{K\mathfrak{M}.j}{r^3} \Psi.$$

Or dans un travail récent ([1]), Epstein a considéré une équation de Schrödinger contenant précisément le terme supplémentaire (4), et il a montré que, moyennant la quantification (3), cette équation conduisait à une formule donnant correctement la structure fine.

La fonction (2) donne donc un modèle ondulatoire de l'électron magnétique d'Uhlenbeck et Goudsmit. Pour achever d'introduire cette conception dans la mécanique ondulatoire, il reste à tenir compte des mouvements possibles de précession de l'axe magnétique de l'électron, par exemple, autour de la direction d'un champ magnétique extérieur.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Le rendement de la fluorescence du niveau* K *pour les lignes* Kα. Note ([2]) de M. **V. Posejpal**, transmise par M. Pierre Weiss.

Je me propose de donner une expression générale de ce rendement en partant des suppositions qui m'ont servi récemment ([3]) pour le calcul du rendement de fluorescence R, défini et mesuré par M. Auger. Je les précise comme il suit :

([1]) *Proceed. Nat. Ac. Sc. Washington*, **13**, 1927, p. 232 et suiv.

([2]) Séance du 13 juin 1927.

([3]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1097.

1° Un atome qui a été ionisé à un de ses niveaux internes peut produire l'absorption de lignes pour toutes les lignes de son spectre X, correspondant aux sauts d'électrons de ce niveau-ci à un niveau plus profond, à nombre principal de quanta plus petit. Les lignes correspondant à une différence de ces nombres principaux égale à l'unité, c'est-à-dire les premières lignes de chaque série X éprouveront l'absorption de résonance.

2° Un quantum $h\nu$ ne peut être absorbé à un niveau donné d'un atome s'il n'entre pas dans l'espace limité par le noyau et la couche électronique en question. Cette condition satisfaite et ν étant égal ou supérieur à la fréquence du niveau en question, l'absorption aura une probabilité p pour se produire,

$$p = \frac{\tau \omega m_{\text{H}}}{\rho \pi a^2}, \tag{1}$$

où τ est le coefficient d'absorption de fluorescence, ρ le poids spécifique, ωm_{H} le poids absolu de l'atome considéré, a le rayon d'orbite circulaire de la couche électronique en question.

3° Si le quantum $h\nu$ ne vient pas du dehors, mais s'il naît dans l'atome lui-même par le saut d'un électron du niveau du nombre principal des quanta n' au niveau de nombre n, il existe une probabilité z pour que le quantum pénètre à l'intérieur de la couche électronique n et satisfasse à la condition 2°, nécessaire pour l'absorption. Nous admettons que z est une fonction continue du rayon a de l'orbite circulaire de la couche électronique n et qu'on peut poser, en première approximation, $z = c_0 a$, c_0 étant un paramètre indépendant du nombre atomique N et du niveau en question. La même chose a lieu pour la probabilité z' et la couche électronique n'.

Soit Q le nombre d'atomes semblables, ionisés à leur niveau K. Soit S le nombre total des quanta $h\nu_\alpha$ émis par ces atomes pendant leur reconstitution. Le rapport $S : Q = U_\alpha$ est le rendement de fluorescence cherché. Les Q atomes émettront, en revenant dans leur état normal, pendant la première phase de leur évolution, les lignes de la série K, et il y aura QA atomes émettant les lignes α, QB les lignes β et QC les lignes γ. On peut admettre que les probabilités A, B, C sont directement proportionnelles aux nombres d'électrons disponibles pour chaque ligne en question et inversement proportionnelles aux forces attractives exercées par le noyau sur eux. En négligeant C on trouve

$$A = \frac{a_{\text{M}}^2}{a_{\text{L}}^2 + a_{\text{M}}^2} = \frac{81}{97}, \tag{2}$$

en posant, en première approximation,

$$a = \frac{h^2}{4\pi^2 e^2 m} \frac{n^2}{N}. \tag{3}$$

Pour le nombre total S des quanta $h\nu_\alpha$ on trouve ensuite

$$S = QA[1 + (A - 1) z_K p_K - z_L p_L],$$

d'où l'on a pour le rendement

$$u_\alpha = \frac{S}{Q} = A[1 + (A - 1) z_K p_K - z_L p_L], \tag{4}$$

ce qui donne, en mettant pour z et p les valeurs données plus haut et en ayant égard à l'expression de Bragg et Peirce $\frac{\tau}{\rho}\omega = CN^4\lambda^3$, la formule

$$1 - \frac{u_\alpha}{A} = KN^5\lambda_\alpha^3, \tag{5}$$

dans laquelle K est une constante du niveau en question.

Le tableau fait voir l'accord de la formule (5) avec les mesures de M. Harms [1]. Il est bon [2].

Élément.	N.	$\lambda_\alpha 10^{-11}$ cm.	$N^5\lambda_\alpha^3 . 10^{-12}$.	u_α mes.	$1 - \frac{u_\alpha}{A}$ mes.	$K.10^{18}$.	K Moyenne.	$1 - \frac{u_\alpha}{A}$ Calcul
Fe......	26	1932	85679	0,475	0,431	5,04		0,430
Cu......	29	1537	74475	0,526	0,370	4,97	5013.10^{-18}	0,373
Zn......	30	1432	71357	0,530	0,365	5,11		0,358
Se......	34	1104	61137	0,584	0,301	4,93		0,306

POLARIMÉTRIE. — *Dispersion rotatoire naturelle, dans l'étendue du spectre ultraviolet, de quatre solutions aqueuses d'acide tartrique.* Note de M. R. **Descamps**, présentée par M. A. Cotton.

La dispersion rotatoire anomale de l'acide tartrique dans l'étendue du spectre visible a fait l'objet de nombreux travaux. En réalité, dans ce domaine spectral, les pouvoirs rotatoires spécifiques $[\alpha]$ de cet acide sont très petits par rapport à d'autres que l'on observe dans l'étendue du spectre ultraviolet. Dans l'intervalle des concentrations de 5 à 55 pour 100, les

---

(1) *Annalen der Physik*, 4e série, **82**, 1927, p. 87.

(2) Un Mémoire plus étendu paraîtra dans un autre Recueil.

inflexions et les maxima des courbes de dispersion rotatoire de cet acide sont situés dans le spectre visible; les changements du signe des rotations se trouvent dans l'ultraviolet, sauf pour les solutions saturées ou sursaturées.

Afin de voir comment les courbes de dispersion rotatoire de l'acide tartrique se prolongent aussi loin que possible dans l'ultraviolet, il n'était pas sans intérêt de joindre d'autres expériences à celle de P. G. Nutting (1) (sol. aq. 28,62 pour 100, jusqu'à $\lambda = 2810$) et à celles de G. Bruhat et M. Pauthenier (2) (sol. aq. 1 et 0,25 pour 100, jusqu'à $\lambda = 3132$). C'est pourquoi j'ai réalisé la dispersion de quatre solutions aqueuses de l'acide au moyen d'un spectropolarimètre photographique spécial (3), (4). Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-contre. L'acide qui a servi a été purifié par des cristallisations répétées dans l'eau.

On voit que ces solutions présentent des pouvoirs rotatoires spécifiques gauches considérables (par exemple pour $\lambda = 2652$ et $\lambda = 2536$) qui croissent avec la concentration. Les courbes de dispersion rotatoire correspondantes, tracées suivant les coordonnées $[\alpha]$, λ^2, forment un faisceau assez étroit qui, après le changement du signe, se resserre encore à mesure que la longueur d'onde décroît; de plus, les portions des courbes des solutions nos 1 et 3 comprises entre $\lambda = 2652$ et $\lambda = 2536$ sont à peu près parallèles à l'axe des pouvoirs rotatoires spécifiques.

La constance des rapports de Darmois (5) caractéristiques des courbes de dispersion rotatoire des mélanges de deux corps s'observe avec ces solutions, dans les limites des erreurs d'expérience possibles qui sont mentionnées dans le tableau. Si l'on compare par exemple, en calculant les différences, les résultats obtenus avec les solutions nos 1, 2 et 3 à ceux de la solution no 4, ils donnent respectivement les quotients 10,58, 10,68, 10,02 pour $\lambda = 5461$ et 2652; 7,14, 8,03, 7,52 pour $\lambda = 5461$ et 2804; 2,66, 2,67, 2,87 pour $\lambda = 5461$ et 3650; 2,11, 2,22, 1,91 pour $\lambda = 3650$ et 2967 et enfin 1,74, 1,75, 1,74 pour $\lambda = 5461$ et 4358.

D'après L. Longchambon (6) les solutions d'acide tartrique contiennent deux constituants : l'un, lévogyre, est identique à l'acide tel qu'il existe

(1) *Physical Review*, 17, 1903, p. 1.
(2) *Journal de Physique*, 6e série, 8, 1927, p. 153.
(3) A. Cotton et R. Descamps, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 22.
(4) R. Descamps, *Revue d'Optique théorique et instrum.*, 5, 1926, p. 481-501.
(5) E. Darmois, *Annales de Chimie et de Physique*, 22, 1911, p. 247.
(6) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 951.

Poids d'acide tartrique contenu dans 100$^{cm^3}$ *de solution aqueuse à la température de* 23° ± 0°,1.

	λ.	1,1009 gr. (n° 1). α.		[α]$^{23°,0}$.	e (*).	9,9030 gr. (n° 2). α.		[α]$^{23°,0}$.	e.	19,7966 gr. (n° 3). α.		[α]$^{23°,0}$.	e.	49,5057 gr. (n° 4). α.		[α]$^{23°,0}$.	e.
Détermin. visuelles.	5780	0°,94	ép. : 5,271 dm.	16°,20		7°,34	ép. : 5,271 dm.	14°,06		13°,39	ép. : 5,271 dm.	12°,83		11°,89	ép. : 2,535 dm.	9°,47	
	5461	1,01		17,41		7,91		15,15		14,36		13,76		12,45		9,92	
	4358	1,20		20,68		8,76		16,78		14,91		14,29		9,56		7,61	
Déterminations photographiques.	4047	0,22	ép. : 1,0175 dm.	19,64	1°,81	0,78	ép. : 0,5541 dm.	14,21	0°,40	1,22	ép. : 0,5541 dm.	11,12	0°,20	— 0,89	ép. : 0,5541 dm.	3,25	0°,10
	3650 / 3654	0,10		8,93	1,79	0,16		2,91	0,40	— 0,05		0,00	0,18	— 3,02		— 11,04	0,13
	3342	—0,08		— 7,14	1,97	— 1,12		— 20,41	0,44	— 2,91		— 26,53	0,26	—11,13		— 40,71	0,32
	3132 / 3131	—0,51		— 45,53	1,84	— 3,29		— 59,96	0,47	— 7,45		— 67,92	0,33	—23,33		— 85,33	0,57
	3126					— 3,31		— 60,32	0,47	— 7,58		— 69,10	0,33	—23,60	ép. : 0,1669 dm.	— 86,32	0,57
	3022	—0,93		— 83,92	1,90	— 5,19		— 94,58	0,48	—11,23		—102,37	0,41	—10,14		—123,93	0,80
	2967	—1,19		—106,23	1,94	— 6,45		—117,57	0,49	— 4,21	ép. : 0,1669 dm.	—127,42	0,90	—12,27		—148,49	0,96
	2926									— 4,79		—144,97	0,98				
	2894					— 8,71		—158,91	0,51	— 5,60		—169,49	1,00				
	2804	—2,49		—222,29	2,28	—12,83		—233,82	0,53	— 8,16		—246,96	1,25	—22,79		—275,82	1,72
	2652	—4,97		—443,70	2,72	—25,64		—467,09	0,67	—15,99		—483,95	1,74	—43,21		—522,96	3,19
	2536	—9,59		—856,13	3,51					—30,66		—927,95	2,94				

(*) Les nombres contenus dans les colonnes *e* représentent les erreurs possibles sur les pouvoirs rotatoires spécifiques correspondants (y compris l'influence des erreurs possibles dans le calibrage des cuves et celle d'une variation de température de 0°,1, sauf pour la solution n° 2, pour laquelle cet effet de la température n'a pas été noté).

dans le cristal; l'autre, dextrogyre, se forme aux dépens du premier par élévation de la température ou par dilution des solutions. Les très fortes rotations gauches présentées par la solution n° 1 montrent, comme les expériences de Longchambon ([1]) et celles de Bruhat et Pauthenier (*loc. cit.*) que le constituant lévogyre doit encore exister aux très grandes dilutions.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur une disposition de cage de Faraday pour radiotélégraphie.* Note de MM. **Beauvais** et **Mesny**, présentée par M. G. Ferrié.

L'emploi des cages de Faraday est bien connu en radiotélégraphie pour empêcher les ondes électromagnétiques d'actionner un récepteur, soit que l'on mette l'émetteur dans la cage, soit qu'on y mette le récepteur. C'est ainsi que lorsqu'on a à effectuer des mesures de champs électromagnétiques, on enferme une hétérodyne dans une cage de Faraday, formée d'un coffre métallique, duquel on ne laisse sortir, au moyen de dispositifs convenables (bobines sinusoïdales, par exemple), que la quantité de haute fréquence que l'on désire.

Malheureusement en pratique il est difficile et souvent impossible d'empêcher l'hétérodyne de venir influencer les appareils de réception, étant donnée la sensibilité considérable des amplificateurs employés. L'émission de l'hétérodyne s'échappe au dehors par le joint de la porte qui ferme la cage, malgré les précautions que l'on prend d'avoir une porte fermant bien, et de la serrer contre la cage au moyen de vis de pression.

Pour obvier à cet inconvénient, on est amené, soit à éloigner de quelques mètres la cage des appareils, soit à mettre plusieurs cages l'une dans l'autre, ce qui augmente toujours la difficulté des manipulations.

Ceci est dû au fait que, malgré les précautions précédentes, le métal de la porte et le métal de la cage présentent entre eux une certaine résistance de contact, suffisante pour modifier le libre passage des courants induits de haute fréquence qui circulent dans les parois. Il en résulte que la distribution dans ces parois des courants et des potentiels qui devraient contrebalancer les champs électromagnétiques émis par l'hétérodyne se trouvent perturbés, et que, par suite, la compensation n'a pas lieu.

([1]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 958.

On obvie à ces inconvénients en constituant la cage par un coffre formé de plaques de métal soigneusement soudées, et dont le couvercle horizontal s'emboîte dans une rainure ménagée à la partie supérieure de la boîte. Si les parois de cette rainure et le couvercle horizontal sont constitués par un métal amalgamé et si l'on remplit la rainure de mercure, le simple fait d'y placer le couvercle constitue entre ce dernier et la cage une véritable soudure.

Dans ces conditions, une hétérodyne enfermée dans la cage n'influence plus aucunement un appareil de réception placé à l'extérieur.

Il est alors facile en prenant les précautions habituelles (fil sous plomb, etc.) de faire sortir de la cage les fils allant aux appareils de mesure, sans que ceux-ci ne reçoivent d'autres courants que ceux que l'on désire y envoyer, et les appareils peuvent être placés sur la cage elle-même.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la radioactivité de la matière exposée pendant longtemps au rayonnement solaire.* Note de Mlle **St. Maracineanu**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans une Note du 30 mai dernier (¹), j'ai exposé les premiers résultats des recherches entreprises à l'Observatoire de Paris sur la radioactivité du plomb d'une toiture. L'électromètre (du type Szilard) avait été placé sur la toiture elle-même qui est horizontale, et qui a montré une radioactivité notable. Sur le conseil de M. Deslandres, j'ai fait les vérifications suivantes et j'ai étendu ensuite la recherche à d'autres métaux.

On aurait pu objecter que le plomb de la première expérience pouvait à la rigueur être radioactif à l'origine. Pour éclaircir ce point, une plaque de ce plomb, épais de 2^{mm}, a été découpée dans la toiture et portée dans le laboratoire. Or, sur la face non exposée à la lumière, la radioactivité a été trouvée nulle; sur la face opposée, elle a donné le premier jour la valeur obtenue précédemment et les jours suivants une valeur décroissante. Cette plaque de plomb est conservée dans l'obscurité pour que l'on puisse étudier dans de bonnes conditions ses variations radioactives avec le temps.

On pouvait aussi objecter que la radioactivité constatée était due aux dépôts radioactifs des émanations contenues dans l'atmosphère (²). L'élec-

(¹) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1321.

(²) La radioactivité observée était d'ailleurs trop forte pour être attribuée entièrement aux dépôts atmosphériques.

tromètre a été porté sur une pierre calcaire horizontale, placée à la hauteur de la toiture de plomb et tout à côté; la pierre n'a montré aucune radioactivité (1).

Enfin on a découpé deux plaques similaires dans la longue bande de plomb, qui recouvre la corniche du bâtiment principal et qui en fait le tour. Une plaque a été prélevée sur la face sud exposée au Soleil et une autre sur la face nord qui est éclairée seulement par la lumière diffuse du ciel (2). La plaque sud a montré la radioactivité du plomb de la première toiture et la plaque nord une activité moindre (voir le tableau).

Cependant l'Observatoire a d'autres toitures métalliques : une toiture en zinc et une toiture en cuivre, qui sont exposées au Soleil.

Une bande semblable aux précédentes a été découpée dans ces toitures, et, pour les deux métaux, la face exposée au Soleil a montré une radioactivité nette, quoique inférieure à celle du plomb. Avec le zinc la face non exposée a été trouvée aussi active mais légèrement; et, avec ce métal, le rayonnement émis est plus pénétrant que pour les autres.

J'ai étudié aussi des plaques de pierre calcaire, poreuse et non poreuse, de fer et de fonte, placées dans le voisinage et exposées longtemps au Soleil. Avec ces derniers corps la radioactivité a été nulle (3).

Je me propose de suivre les variations de ces plaques radioactives avec le temps et aussi d'examiner au même point de vue les autres métaux. Il convient aussi de déterminer la durée d'exposition au Soleil, qui est nécessaire pour avoir la radioactivité constatée : cette durée est probablement variable avec l'état du Soleil qui serait actif seulement par intermittences.

---

(1) Dans le cas de la pierre, une bonne mise au sol a été assurée en la couvrant d'une grille en cuivre à très larges mailles.

(2) La radioactivité des deux plaques a été mesurée sur la corniche même avant le découpage et après dans le laboratoire. Le mouvement propre de l'appareil a été trouvé beaucoup moindre du côté Nord, ce qui semble indiquer que l'ionisation de l'air est plus forte au Sud.

(3) Si l'on se reporte au tableau ci-contre, le fer pourrait manifester une certaine radioactivité, mais très faible.

Nombre de secondes nécessaires à la décharge indiquée par le parcours de l'aiguille devant 5 divisions micrométriques de l'échelle.

(Ces mesures ont été faites à l'aide de l'électromètre sensible Szilard.)

Plomb Nord, mesures faites sur la corniche.

Pb.	*Appareil mouvement propre.*
90^{sec}	
73	285^{sec}
90	300
70	275
75	300
90	
80	

Plomb Sud mesuré sur la corniche immédiatement après celui du Nord.

Pb.	*Mouvem. propre de l'appareil.*
49^{sec}	180^{sec}
39	180
39	180
45	160
39	
44	

Mêmes Pb *portés dans l'appartement.*

Pb N.	*Appareil.*	Pb S.	*Appareil.*
70^{sec}	195^{sec}	47^{sec}	195^{sec}
62	205	56	205
69	200	47	200
66		49	
		44	
		Gratté.	
		108^{sec}	
		100	
		77	
		90	
		77	

Pb *côté envers :* aucune activité les premiers jours; après, il s'active et arrive à 200 secondes comme l'appareil.

Cuivre Sud mesuré dans l'appartement.

Cu.	*Appareil.*
64^{sec}	195^{sec}
60	200
51	200
74	
Zn (Sud) mesuré dans l'appartement *sans écran.*	*Appareil.*
95^{sec}	190^{sec}
85	187
95	190
80	190
écran $\frac{1}{10}$ Al.	
145^{sec}	
160	
155	
Fe toit Sud.	*Appareil.*
150^{sec}	185^{sec}
180	150
150	150
Porté dans l'appartement	
146^{sec}	170
151	200
160	200

La pierre ne donne aucune activité.

Remarques sur la Communication précédente, par M. H. **Deslandres**.

Les recherches de Mlle Maracineanu sur les toitures anciennes de l'Observatoire de Paris offrent un intérêt de plus en plus grand. Le plomb n'est pas le seul métal qui acquière, sous l'influence des rayons solaires, une radioactivité spéciale, limitée, semble-t-il, à la surface touchée et aux couches immédiatement voisines. Le zinc et le cuivre ont la même pro-

priété [1]; et de nouvelles recherches seront évidemment nécessaires pour reconnaître la nature exacte et toutes les particularités du phénomène.

D'autres faits similaires déjà publiés ont été attribués à la diffusion de corps radioactifs connus dans le métal; il nous a semblé que les faits actuellement acquis s'expliquaient beaucoup mieux par une action spéciale de la lumière.

Les corps radioactifs, comme on sait, ont été trouvés insensibles à toutes les actions que nous pouvons mettre en œuvre sur la Terre, par exemple aux variations de pression et de température. Mais le rayonnement solaire émane d'un corps qui est soumis à des pressions et à des températures beaucoup plus hautes, surtout si les couches profondes de l'astre interviennent. Il apporte avec lui quelque chose de plus, et, en ce qui concerne les modifications radioactives, il peut réussir là où nos moyens terrestres sont en défaut.

De plus, si l'on considère la radioactivité du plomb de la corniche nord, qui est éclairée presque exclusivement par la lumière diffuse du ciel, on est conduit à mettre aussi en cause le rayonnement ultra X très pénétrant qui a été reconnu par Kohlhörster, puis par Millikan, et qui, d'après le premier de ces auteurs, aurait une origine cosmique et émanerait de la Voie lactée et des nébuleuses.

Je suis particulièrement intéressé par ces recherches, ayant admis depuis 1896 dans plusieurs Notes successives l'émission de rayons corpusculaires et de rayons X par le Soleil, les étoiles et les nébuleuses [2]. On connaît aussi les idées longuement développées en 1919 par Perrin, qui estime pouvoir attribuer les réactions chimiques et les phénomènes radioactifs aux seules actions de la lumière et de rayons X très pénétrants.

---

[1] Le fait constaté peut être considéré comme un phénomène photo-électrique, qui persiste après que la cause initiale a cessé d'agir.

D'autre part, ces recherches, qui font assister à la naissance de propriétés radioactives, peuvent nous conduire à la reconnaissance des causes premières de la radioactivité.

[2] J'ai résumé mes idées sur ce point dans une Note des *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 506, intitulée : *Émission des rayons X, ultra X et corpusculaires par les corps célestes*. Voir aussi *Nature*, Londres, 60, p. 622.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la charge de rayons α émis par seconde par un gramme de radium.* Note (¹) de M. **H. Jedrzejowski**, présentée par M. Jean Perrin.

Le nombre de particules α émises par seconde par 1ᵍ de radium intervient dans de très nombreuses questions de la radioactivité. La connaissance exacte de ce nombre permet, par exemple, de calculer l'énergie dégagée par 1ᵍ de radium sous la forme d'énergie cinétique des particules α, la quantité d'hélium libéré au cours de la destruction radioactive, etc.

Les diverses expériences faites sur ce sujet laissent subsister sur ce nombre une incertitude de plusieurs pour 100. Sur la demande de Mme Curie, nous avons repris la détermination de la charge totale des particules α émises par 1ᵍ de radium. En prenant $e = 4,774 . 10^{-10}$ u. e.s., on peut, de la charge totale, déduire le nombre N des particules α.

La méthode employée est, dans ses lignes générales, celle de Rutherford et Geiger (²). La description détaillée de l'appareil et de la marche des expériences paraîtra prochainement. Nous nous bornerons ici aux principes généraux.

Les particules α émises par une source composée de dépôt actif du radium et fixée dans une position très bien déterminée passent par un diaphragme et tombent sur une électrode reliée à un électromètre. La méthode du quartz piézoélectrique permet de mesurer la charge reçue par l'électrode. Afin d'éviter les courants d'ionisation, tout était placé dans un récipient métallique parfaitement vidé au moyen d'une pompe hélicoïdale de Holweck. Les vapeurs restantes étaient condensées dans l'air liquide.

Les rayons β et les rayons δ étaient déviés par un champ magnétique. Un dispositif spécial permettait d'arrêter les rayons α pendant l'expérience par un écran d'aluminium mince. On évaluait ainsi une correction résultant de l'action du reste des rayons β pénétrants, non déviés par le champ magnétique, de l'effet photo-électrique des rayons γ sur l'électrode, ainsi que l'existence de faibles forces électromotrices possibles, de contact ou de polarisation des isolants.

(¹) Séance du 13 juin 1927.

(²) E. Rutherford et Geiger, *Proc. Roy. Soc.*, **81**, 1908, p. 162; *Phys. Zeits.*, **10**, 1909, p. 42.

La source a été préparée par la méthode de solution décrite par nous [1] précédemment. Afin d'éviter la contamination de l'appareil par le recul radioactif, la source était recouverte par un mince écran d'aluminium ($0^{mm},003$).

Cinquante minutes, à peu près, après la fin de l'activation, quand tout le radium A a pratiquement disparu, on commence les mesures de la charge, qui durent 1 à 2 heures. On fait les mesures en établissant un champ électrique de sens variable, entre le diaphragme et l'électrode, et aussi sans champ. Quand le vide est bon, ces trois genres de points se rangent sur une même courbe qui représente, en fonction du temps, la variation de la charge émise par la source. En même temps, on trace la courbe de correction et celle de décroissance d'activité mesurée par les rayons γ pénétrants. Cette dernière mesure est faite, dans certaines expériences, au moyen d'une chambre d'ionisation reliée à l'électromètre, dans d'autres au moyen d'un électroscope protégé par une couche de 15^{mm} de plomb.

Soient I_α la charge (corrigée) en grammes par seconde, émise par la source dans un temps donné, et I_γ l'intensité des rayons γ pénétrants, exprimée en grammes par seconde ou en divisions par seconde. Le rapport $\frac{I_\alpha}{I_\gamma} = r$ doit rester constant le long des courbes. En mettant à la place de la source un étalon de radium, on peut déterminer, par la mesure des rayons γ pénétrants, le nombre de milligrammes de radium correspondant à un courant de 1 gr/sec ou 1 div/sec; désignons ce nombre par p. La charge L des particules α émises par 1^g de radium par seconde sera

$$L = \frac{r}{a}\frac{b}{p} \text{ u. e. s.},$$

où $a = 0,01465$ est une constante caractérisant l'angle solide du faisceau utilisé et b la charge en u. e. s. qui donne la lame de quartz sous l'action d'un poids de 1^{kg}, r est la moyenne des rapports pris le long des courbes tracées pendant chaque expérience. La moyenne des 13 expériences définitives donne pour la charge émise par 1^g de radium par seconde :

$$L = 33,4 \text{ u. e. s.}$$

qui correspond au nombre de particules α

$$N = 3,50 \times 10^{10}.$$

---

(1) H. Jedrzejowski, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1536.

Ce nombre est en parfait accord avec les résultats récents de numération directe obtenus par H. Geiger et A. Werner [1]. M. Thibaud [2] et L. Meitner [3] ont calculé récemment la chaleur dégagée par 1^g de radium en partant d'un nombre approché du nôtre et ont trouvé un bon accord avec l'expérience. Notre nombre reste notablement inférieur à celui trouvé par Hess et Lawson [4] qui ont donné $N = 3,72 . 10^{10}$.

La constante b du quartz a été déterminée au moyen du condensateur étalon du Laboratoire Curie dont la capacité est connue à une précision de 1 pour 100. Prochainement, on comparera sa capacité à celle d'un condensateur étalon nouveau.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la photolyse de l'acide cyanhydrique par les radiations totales de l'arc au mercure et les radiations filtrées.* Note de MM. **A. Andant** et **E. Rousseau**, présentée par M. Guignard.

Nous avons repris les recherches commencées par l'un de nous [5] sur la photolyse de l'acide cyanhydrique, en resserrant le domaine des radiations ultraviolettes utilisées pour l'irradiation. Des déterminations spectrographiques d'absorption de l'huile d'olive dans l'ultraviolet, faites à propos de l'étude de la fluorescence de ces huiles [6], ont montré que l'huile d'olive pure transmet la radiation 3650 du mercure sans l'affaiblir. Elle n'absorbe, de façon sensible, les radiations ultraviolettes qu'à partir de 3000 Å.

Nous avons employé notre dispositif expérimental antérieur en irradiant, dans certains cas, la solution d'eau de laurier-cerise à travers un verre à l'oxyde de nickel, transparent pour les radiations 3650 et 3341, cette dernière étant extrêmement affaiblie. La couche d'huile d'olive ne sert qu'à isoler la solution du contact de l'air que ces radiations ionisent, et qui devient photochimiquement actif.

Nous avons opéré avec une eau de laurier-cerise pure (titre 103,68), et

---

(1) H. Geiger et A. Werner, *Tätigkeitsber. d. Phys. Tech. Reichsanstalt*, 1924, p. 47.

(2) J. Thibaud, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1166.

(3) L. Meitner, *Die Naturwissenchaften*, 12, 1924, p. 1146.

(4) V.-F. Hess et R.-W. Lawson, *Wien. Ber.*, 127, 1918, p. 405 et 461.

(5) E. Rousseau, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 683.

(6) A. Andant, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1068.

une eau de laurier-cerise contenant du chlorure manganeux pur et sec, à dose $\frac{N}{100} = 0,126$ pour 100.

Les liquides, au cours de leur irradiation, furent refroidis par un courant d'eau (+15°). D'autre part, nous avons réservé 25^{cm^3} d'eau, sur les 75^{cm^3} prévus dans le procédé de Denigès, pour laver le précipité (MnO^2) apparu dans les liqueurs, qu'on a séparé de celles-ci, complétées à 110^{cm^3}.

Voici les résultats des dosages :

A. *Eau de laurier-cerise* + $MnCl^2$ *irradiée sous huile.* (Radiations jusqu'à 3132.)

	HCN restant.	Pertes %.
E. l.-cerise..	103,68	–
Témoin.....	97,20	6,2
1 heure.....	86,40	11,1
2 heures....	79,92	17,7
4 heures.....	73,44	24,4
6 heures.....	75,60	22,2

B. *Eau de laurier-cerise* + $MnCl^2$ *irradiée sous huile et écran.* (Radiation 3650.)

	HCN restant.	Pertes %.
E. l.-cerise...	103,68	–
Témoin......	97,20	6,2
1 heure......	90,72	6,6
2 heures.....	84,24	13,3
4 heures.....	79,82	17,7
6 heures.....	82,08	15,6

C. *Eau de laurier-cerise irradiée sous huile.*

Témoin.....	97,20	–
1 heure.....	90,72	6,6
2 heures....	88,56	8,8
4 heures....	82,08	15,5
6 heures....	71,28	26,6

D. *Eau de laurier-cerise irradiée sous huile et écran.*

Témoin......	97,20	–
1 heure......	92,88	4,4
2 heures.....	88,56	8,8
4 heures.....	86,40	11,1
6 heures.....	77,76	20

Les pertes ont été établies par rapport au témoin, et le titre de l'eau de laurier-cerise (C et D), avant son irradiation, a été abaissé à 97,20 pour déterminer la part de résonance qui revient au sel ($MnCl^2$).

Ces différences sont groupées, par radiations, dans les tableaux suivants :

Différences photolytiques.	Part du résonateur.	Part des radiations.
Radiations totales jusqu'à 3132 (A *et* C).		
1^h : 11,1 – 6,6 = ...	4,5 %	6,6 %
2^h : 17,7 – 8,8 = ...	8,9	8,8
4^h : 24,4 – 15,5 = ...	8,9	15,5
Radiation 3650 (B *et* D).		
1^h : 6,2 – 4,4 = ...	1,8 %	4,4 %
2^h : 13,3 – 8,8 = ...	4,5	8,8
4^h : 17,7 – 11,1 = ...	6,6	11,1

Dans ces tableaux ne figurent pas les effets photochimiques apparus après la quatrième heure d'irradiation dans les liquides A et B. La photolyse, à ce seuil, a cessé et le phénomène de photocatalyse semble lui succéder. Ce fait expérimental est analogue à ce qui se produit avec H^2O^2 (D. Berthelot), $HgCl^2$ (J. Pougnet) et l'eau formolée (E. Rousseau) quand on irradie ces substances avec les rayons ultraviolets.

Ces résultats montrent que la radiation 3650 du mercure, agissant pour la plus grande partie seule, produit, toutes conditions étant les mêmes, des actions photolytiques du même ordre de grandeur que celle que produit la totalité des radiations du mercure jusqu'à 3130 Å. Si nous remarquons, en outre, que le verre de Wood a, vis-à-vis de la raie 3650, une absorption propre d'environ 60 pour 100 (mesurée par la pile thermo-électrique) cette considération fait apparaître une différence encore plus grande entre l'action des radiations infrarouges et la radiation 3650 pure, et celle de toutes les radiations (infrarouges, visibles, ultraviolettes jusqu'à 3130).

Il semble donc que la photolyse, par les radiations ultraviolettes, est gênée par la présence des radiations de plus grandes longueurs d'onde. Ce phénomène *d'antagonisme* des radiations, signalé pour la première fois, par Ed. Becquerel en 1872, a été étudié au point de vue biologique par M. Pech ([1]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude sur le perchlorate de sodium.* Note ([2]) de MM. **Eugène Cornec** et **Joseph Dickely**, présentée par M. G. Urbain.

I. On a déterminé la solubilité du perchlorate de sodium, sel très soluble dans l'eau, à des températures comprises entre 0° et 100°. Les résultats sont en accord avec ceux de F. A. Freeth ([3]) et en désaccord avec ceux de Bilger Carlson ([4]).

Suivant la température le sel cristallise anhydre ou monohydraté. La température de transition est donnée par la brisure de la courbe de solubilité. On l'a déterminée directement par l'observation microscopique et par l'analyse thermique d'un mélange de sel hydraté avec un peu d'eau.

([1]) L. Pech, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1247.

([2]) Séance du 13 juin 1927.

([3]) F. A. Freeth, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, 43, 1924, p. 477.

([4]) Bilger Carlson, *Klason Festskrift*, d'après *Tables annuelles*, 1, 1910, p. 379.

Cette dernière méthode, la plus simple et la plus précise, donne 52°,75 (Freeth avait indiqué 50°,8 pour température de transition).

La solubilité du perchlorate anhydre a été déterminée aussi au-dessous de la température de transition; il a été possible de faire des mesures correctes et de déterminer la densité jusqu'à 15°. A cette température la solution saturée de sel anhydre est fortement sursaturée par rapport au sel hydraté; lorsque la sursaturation cesse, 100g de solution donnent 28g de cristaux.

Solubilité du perchlorate hydraté en grammes de sel anhydre pour 100g *d'eau.*

0°.	15°.	25°.	38°.	50°.
169	191	211	238	274

Solubilité du perchlorate anhydre en grammes de sel anhydre pour 100g *d'eau.*

	15°.	25°.	38°.	55°.	75°.	100°.
	256	260	268	284	300	330
$d =$	1,758	1,757	1,757	1,756	1,757	1,758

Il est curieux que la densité de la solution saturée de sel anhydre soit presque indépendante de la température. Le refroidissement seul tend à produire une contraction, d'où une augmentation de densité; la cristallisation entraîne au contraire une diminution de la densité. Les deux phénomènes se produisent en même temps et se compensent presque parfaitement.

II. En ajoutant progressivement un sel à un mélange de perchlorate de sodium et d'eau, on constate que la température de transition s'abaisse d'abord d'une manière progressive, puis qu'elle reste constante. La constance est obtenue dès l'apparition d'une nouvelle (troisième) phase solide dans le système en expérience. En ajoutant ensuite un second sel on observe que la température de transition s'abaisse encore, puis qu'elle se fixe de nouveau dès l'apparition d'une quatrième phase solide. En absence de combinaison on retrouve le même abaissement total lorsque l'on intervertit l'ordre d'addition des deux sels.

En ajoutant, dans tous les ordres possibles, un, deux ou trois des sels suivants : nitrate de sodium, chlorure de sodium, perchlorate de potassium, on a observé sept points de transition. Le plus bas (abaissement total 8°,75), qui peut être atteint de six manières différentes, correspond à l'équilibre d'une solution avec cinq phases solides : ClO^4Na, ClO^4NaH^2O, ClO^4K, NO^3Na, $ClNa$.

Le choix des sels ajoutés a été motivé par l'existence simultanée de : nitrate, chlorure, perchlorate de sodium et de potassium dans certains minerais chiliens.

III. Les équilibres entre l'eau, le perchlorate de sodium et le chlorure de sodium, ont été étudiés de 0° à 100°. La surface de cristallisation comprend trois nappes, correspondant respectivement à ClO^4Na, ClO^4NaH^2O, ClNa.

Les compositions des solutions saturées de chlorure et de perchlorate sont les suivantes (en grammes de sels anhydres pour 100g d'eau) :

t.	0°.	25°.	38°.	50°.	55°.	75°.	100°.
ClO^4Na (gr.).......	158	208	235	271.5	278.5	297	325
ClNa (gr.)..........	6,7	4,3	3,6	3,0	3,0	3,3	3,9

Le chlorure est toujours peu soluble en présence de perchlorate solide et sa solubilité est minima à 52°,5 (point de transition). Le refroidissement d'une solution saturée des deux sels fournit, au-dessus de la température de transition, un mélange de perchlorate anhydre et de chlorure en petite quantité. Au-dessous de la température de transition, le diagramme d'équilibre montre que l'on obtient, au contraire, du perchlorate hydraté pur et que la solution cesse d'être saturée en chlorure. On en déduit aisément le plus simple des cycles de séparation des deux sels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Perméabilité du fer et du platine à l'hydrogène.* Note (1) de M. **Victor Lombard**, présentée par M. J. Perrin.

Ayant poursuivi nos recherches sur la perméabilité des métaux aux gaz, nous exposons ci-dessous les résultats obtenus avec un disque de fer électrolytique de 0mm,162 d'épaisseur et un disque de platine de 0mm,154. Les mesures ont été faites suivant le mode opératoire précédemment exposé (2), la température des disques étant bien uniforme sur toute leur surface.

Les disques étudiés ont été choisis parmi les plus réguliers provenant d'une même planche de chaque métal, laminée sans recuit à l'épaisseur voulue.

Avec les deux disques nous avons étudié l'influence de la température sur le phénomène qui nous occupe; tandis que nous n'avons étudié l'in-

(1) Séance du 9 mai 1927.
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 463.

fluence de la pression qu'avec le disque de fer, Richardson, Nicol et Parnell [1] ayant montré autrefois, avec un tube de platine, que la diffusion de l'hydrogène à travers ce métal est proportionnelle à la racine carrée de la pression.

Ci-dessous le résumé de nos mesures.

A. *Influence de la pression sur la perméabilité du fer à l'hydrogène* (épaisseur de la lame : $0^{mm},162$; température : 517° C.) :

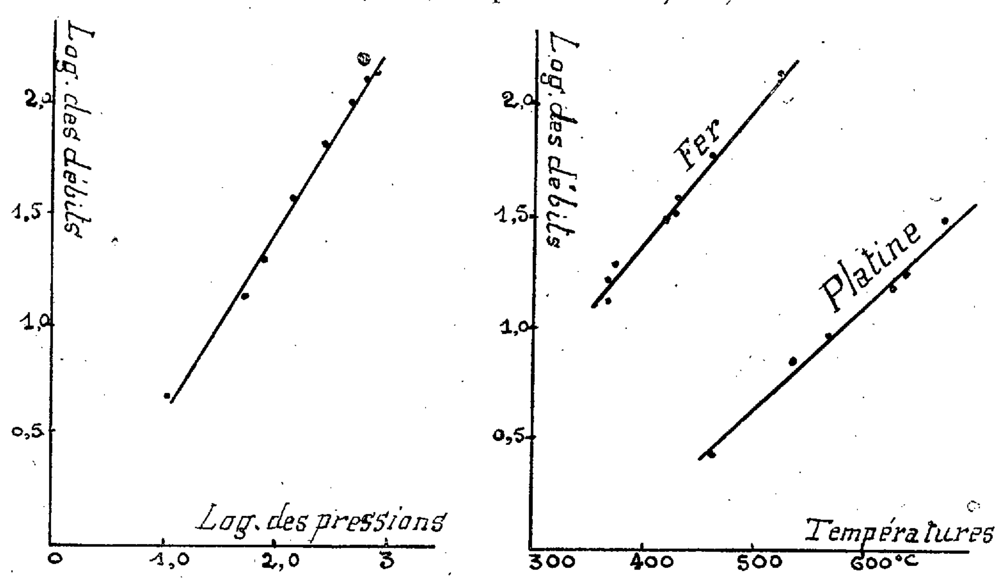


Fig. 1. — Perméabilité du fer à l'hydrogène. Influence de la pression. Épaisseur : $0^{mm},162$; température : 517° C.

Fig. 2. — Perméabilité du fer et du platine à l'hydrogène. Influence de la température. Épaisseurs des lames : fer, $0^{mm},162$; platine, $0^{mm},154$. Pression de passage : 760^{mm} de Hg.

La représentation graphique du logarithme du débit en fonction du logarithme de la pression, déduite de nos mesures, est une droite (*fig.* 1).

Par conséquent la perméabilité du fer à l'hydrogène comme celle du platine [2] et du nickel [3] est proportionnelle à la racine carrée de la pression (au moins pour des pressions inférieures à 760^{mm} de Hg), $d = K\sqrt{P}$.

B. *Influence de la température* (*fig.* 2) :

Notre régulateur de pression n'ayant pas fonctionné à souhait pendant la durée de nos déterminations qui ont été échelonnées au cours de périodes relativement longues

(1) *Phil. Mag.*, 6e série, 8, 1904, p. 1.

(2) RICHARDSON, *loc. cit.*

(3) LOMBARD, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 116.

(plus de 15 jours pour le fer et de 10 jours pour le platine), la plupart de nos mesures ont été faites à des pressions s'écartant quelque peu de celle de 760^{mm} de Hg que nous nous étions fixée au début. Mais la perméabilité étant, comme on l'a vu, proportionnelle à la racine carrée de la pression, nous avons pu ramener, par le calcul, nos mesures à la pression ci-dessus.

Les points représentatifs du logarithme du débit en fonction de la température, déduits des données ci-dessus, se répartissent sensiblement sur des droites (*fig.* 2).

On peut en conclure que la perméabilité du fer et du platine à l'hydrogène est, comme celle du nickel [1], de la forme $d = a^t$ (a, constante; t, température).

La figure 2 montre que la perméabilité du fer à l'hydrogène est bien plus grande que celle du platine. Nos recherches sur le nickel, dont nous compléterons prochainement la publication, nous ont montré que la perméabilité de ce métal à l'hydrogène est très voisine de celle du fer.

Nous signalons que les valeurs trouvées par Richardson et ses collaborateurs dans leurs recherches sur la diffusion de l'hydrogène à travers le platine sont du même ordre de grandeur que les nôtres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le passage de la triméthylarsine à l'acide cacodylique.* Note de MM. **Amand Valeur** et **Paul Gailliot**, présentée par M. Charles Moureu.

Ayant établi la présence de la triméthylarsine dans la liqueur fumante de Cadet, nous nous sommes proposé d'utiliser cette arsine, pour la préparation de l'acide cacodylique, en passant par le chlorure de cacodyle.

Nous avons d'abord tenté d'effectuer cette rétrogradation, suivant la méthode qui permet de passer de la triphénylarsine au chlorure de diphénylarsine et au dichlorure de monophénylarsine, par l'action du chlorure d'arsenic. Dans ce but, nous avons fait réagir sur la triméthylarsine, le trichlorure d'arsenic, d'une part, et la dichlorométhylarsine, d'autre part. Au lieu des deux réactions attendues :

$$2(CH^3)^3As + AsCl^3 = 3(CH^3)^2AsCl$$
$$(CH^3)^3As + CH^3AsCl^2 = 2(CH^3)^2AsCl,$$

nous avons constaté que ces deux chlorures s'unissent à la triméthylarsine,

(1) Lombard, *loc. cit.*

en solution dans le benzène sec, pour donner des composés d'addition, répondant aux formules $(CH^3)^3As.AsCl^3$ et $(CH^3)^3As.CH^3AsCl^2$.

Ces combinaisons sont cristallisées en aiguilles réfringentes, solubles dans l'alcool, l'éther et le benzène, en donnant des solutions qui perdent de la triméthylarsine, par l'action de la chaleur. Chauffés au contact de l'air, ces cristaux se décomposent, avec inflammation spontanée, en même temps que se produit une odeur d'ail et que se forme un dépôt brun sur la paroi intérieure du tube. En opérant dans l'anhydrique carbonique, on peut les sublimer vers 100°, sans qu'il se produise de fusion.

Leur volatilité, à la température ordinaire, est déjà très appréciable. Si l'on chauffe ces composés sous pression, dans CO^2, à 200°, pendant 10 heures, on les décompose, avec formation de chlorure de tétraméthylarsonium, d'arsenic et de trichlorure d'arsenic.

Cette propriété que possède la triméthylarsine de former des composés d'addition avec les chlorures arsenicaux, paraît assez générale. Nous avons constaté, en effet, que cette arsine s'unit, dans les mêmes conditions, au chlorure de cacodyle et à la dichlorophénylarsine.

A. Baeyer [1] a montré que le perchlorure de cacodyle $(CH^3)^2AsCl^3$ se décompose déjà, à 40-50°, en CH^3Cl et CH^3AsCl^2. En faisant agir le chlore à — 10°, sur une solution de CH^3AsCl^2 dans CS^2, le même auteur a constaté la formation de cristaux, se décomposant déjà, à cette température, en CH^3Cl et $AsCl^3$, et qu'il supposa être le tétrachlorure CH^3AsCl^4. A. Baeyer en inféra que la même réaction devait s'appliquer à la triméthylarsine, et qu'il devait être possible de dégrader le chlorure de tétraméthylarsonium, par la série des réactions

$$As(CH^3)^4Cl \rightarrow As(CH^3)^3 + CH^3Cl,$$
$$As(CH^3)^3Cl^2 \rightarrow As(CH^3)^2Cl + CH^3Cl,$$
$$As(CH^3)^2Cl^3 \rightarrow As(CH^3)Cl^2 + CH^3Cl,$$
$$As(CH^3)Cl^4 \rightarrow AsCl^3 + CH^3Cl.$$

Toutes ces réactions ont été effectuées à l'exception de la deuxième. Nous avons pu réaliser celle-ci sans difficulté. Nous avons préparé le dichlorure de triméthylarsine $(CH^3)^3AsCl^2$, en faisant arriver un courant lent de chlore à la surface d'une solution de l'arsine dans le benzène sec. Il se dépose un composé cristallisé en aiguilles très peu solubles dans le benzène, et répondant à la composition attendue. Chauffé au bain d'huile, vers 180°,

(1) A. Baeyer, *Ann. Chem. und Pharm.*, 107, 1858, p. 269.

ce produit se dédouble en CH^3Cl et chlorure de cacodyle. On peut obtenir ce dernier, avec un rendement d'environ 90 pour 100. Le chlorure de cacodyle est ensuite directement et quantitativement oxydé, par H^2O^2, en acide cacodylique. Le passage de la triméthylarsine à l'acide cacodylique s'effectue ainsi, avec un rendement pratique de 83 à 85 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une évolution inattendue des dibromures de diisocrotyle.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Ch. Moureu.

J'ai exposé [1] comment, du produit de réaction de deux atomes de brome sur une molécule de diisocrotyle en solution chlorocarbonique, on peut isoler les deux dibromures desmotropes :

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CBr-CHBr-CH=C<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\quad(I)$$

et

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>CBr-CH=CH-CBr<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\quad(II).$$

Si on élimine le solvant à la pression ordinaire, on constate, après quelque temps d'ébullition, un départ abondant d'acide bromhydrique, et, lorsqu'il ne distille plus rien à 100°, il reste dans le ballon un liquide incristallisable.

Celui-ci a été distillé sous des pressions variant de 3 à 12^{mm}. Le point d'ébullition, d'abord incertain, car le liquide contient encore des quantités notables d'hydracide, se fixe peu à peu au cours des rectifications successives ; les premières distillations entraînent une faible décomposition partielle qui s'atténue par la suite, et devient négligeable lorsque le corps est pur. Il bout alors à 64-66° sous $4^{mm},5$ et 85-86° sous 12^{mm}. Sa formule globale est $C^8H^{13}Br$.

Voici ses constantes à 18° :

$n_D^{18}=1,5522$, $d_4^{18}=1,2230$, R. M. $=49,36$, R. M. théorique : $46,01$.

Pour établir la formule développée de ce bromure, j'ai fait appel à des considérations d'ordres divers.

a. L'une, qui n'est pas sans valeur, et qui a contribué à orienter mon choix, est son odeur ; elle rappelle de très près celle du bromure du géranyle ; les formules pouvaient présenter quelque parenté.

---

(1) Ch. Prévost, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1460.

b. Son point d'ébullition, qui, en admettant que le squelette du diisocrotyle soit conservé, exigeait la présence d'un brome primaire.

c. La réfraction moléculaire fortement exaltée; celle-ci indiquait que la molécule avait dû conserver le groupement érythrénique et que le brome était sous l'influence de l'une des doubles liaisons conjuguées.

d. L'action extrêmement facile de la potasse alcoolique diluée et froide, de l'acétate et de l'azotate d'argent à froid, éliminait une constitution bromoéthylénique et indiquait, au contraire, un brome fortement influencé.

La formule

$$\text{(III)} \qquad \begin{matrix} CH^2Br \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>C = CH - CH = C\!\!<\!\!\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}$$

rend bien compte des propriétés observées.

On devait alors pouvoir passer de ce bromure à l'acétine et à l'alcool primaire correspondants. C'est ce que j'ai tenté.

L'action de l'acétate d'argent (ou de sodium) donne une acétine

$$C^8H^{13}OCOCH^3$$

(éb. 79° sous $3^{mm},5$, $n_D^{17} = 1,4890$, $d_4^{17} = 0,9597$, R.M. = 50,67, R.M. th. = 49,21).

Ici une exaltation de 1,45 très compatible avec la présence de deux doubles liaisons conjuguées.

Mais, même à froid, le passage à l'acétine n'est pas la réaction prépondérante : il se fait aussi un départ d'hydracide et des carbures condensés $(C^8H^{12})^n$, dont j'ai isolé un dimère, d'ailleurs impur (éb. 115° environ sous 4^{mm}).

De la saponification de l'acétine résulte l'alcool

$$C^8H^{13}OH$$

(éb. 77° sous 3^{mm}, $n_D^{17} = 1,5095$, $d_4^{17} = 0,9197$, R.M. = 40,94, R.M. th. = 39,65).

L'exaltation 1,3 est encore compatible avec une formule érythrénique.

J'ai essayé d'hydrogéner catalytiquement cet alcool en présence de platine, mais je n'ai guère isolé que des produits de condensation (qui préexistaient sans doute, car l'alcool s'altère rapidement). Toutefois, j'ai séparé quelques gouttes d'un liquide à fonction alcool saturé bouillant vers 180°; le 2.6-diméthylhexanol-1 bout à 180°.

En admettant, pour le bromure et ses dérivés, la formule (III) et celles qui en découlent, comment le bromure s'est-il fait à partir des desmo-

tropes (I) et (II)? Le mécanisme semble être celui-ci :

$$\text{(I)} \quad {CH^3 \atop CH^3}\!>\!CBr - CHBr - CH = C\!<\!{CH^3 \atop CH^3}$$

$$\to HBr + {CH^2 \atop CH^3}\!>\!C - CHBr - CH = C\!<\!{CH^3 \atop CH^3}$$

$$\to {CH^2Br \atop CH^3}\!>\!C = CH - CH = C\!<\!{CH^3 \atop CH^3}$$

et

$$\text{(II)} \quad {CH^3 \atop CH^3}\!>\!CBr - CH = CH - CBr\!<\!{CH^3 \atop CH^3}$$

$$\to HBr + {CH^2 \atop CH^3}\!>\!C - CH = CH - CBr\!<\!{CH^3 \atop CH^3}$$

$$\to {CH^2Br \atop CH^3}\!>\!C = CH - CH = C\!<\!{CH^3 \atop CH^3}.$$

Ce mécanisme fait appel à un départ d'hydracide par union d'un hydrogène et d'un brome particulièrement mobiles, et à une transposition désormais classique :

$$R - CHBr - CH = CH^2 \to R - CH = CH - CH^2Br.$$

Si l'on considère dans leur ensemble les réactions de fixation de Br^2 et de départ de HBr, elles se résument en une substitution de Br à H dans une chaîne latérale du diisocrotyle; la parenté de formule du carbure et des dérivés méthylés du benzène permet de supposer un mécanisme analogue, mais sans intermédiaire saisissable, dans le passage du toluène au bromure de benzyle, analogie qui apporte un argument nouveau en faveur de la formule de Kékulé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Fixation de l'acide bromhydrique sur les carbures alléniques.* Note [1] de M. **Marcel Bouis**, présentée par M. Ch. Moureu.

La fixation de l'acide bromhydrique sur les carbures alléniques n'a été étudiée jusqu'à présent que dans le cas des composés ramifiés. C'est ainsi que le diméthylallène $(CH^3)^2C = C = CH^2$ et le diéthylallène $(C^2H^5)^2C = C = CH^2$ ont été l'objet de recherches dues à Mokievsky [2] et à Ipatief [3].

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

(2) *Journ. Soc. phys. chim. r.*, **31**, 1899, p. 777, et *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **24**, 1900, p. 558.

(3) *Journ. f. prakt. Chemie*, 2e série, **53**, 1896, p. 149, et 2e série, **59**, 1899, p. 526.

Les formules attribuées par ces auteurs aux monobromures résultant de la fixation d'une molécule d'hydracide sont assez contradictoires, à savoir $(CH^3)^2CBr - CH = CH^2$ dans un cas, $(C^2H^5)^2C = CH - CH^2Br$ dans l'autre. C'est d'ailleurs cette seconde formule qui semble la plus conforme aux faits. Quant aux dibromures obtenus en fixant 2HBr, ils répondent à la formule $R^2CBr - CH^2 - CH^2Br$, d'après Ipatief, qui conclut en admettant que ces résultats s'étendent aux carbures monosubstitués $R - CH = C = CH^2$.

Disposant précisément d'une méthode de synthèse de ces carbures à chaîne linéaire, je me suis proposé de reprendre cette étude, et les résultats ont été tout différents de ce que les travaux antérieurs pouvaient faire prévoir.

Les expériences ont porté sur l'éthylallène $C^2H^5 - CH = C = CH^2$. Le carbure, refroidi à 0°, a été traité par une solution acétique d'acide bromhydrique. Le produit de la réaction, lavé et séché, a donné à la distillation deux fractions, correspondant respectivement à l'addition d'une et de deux molécules d'hydracide.

La première fraction est un mélange : Le point d'ébullition n'est pas fixe, mais aucune séparation n'est pratiquement possible. Le liquide distille, sous 25^{mm}, de 25° à 30° environ, et, sous 760^{mm}, de 106° à 115°. La densité est $d_{22} = 1,2403$ et l'indice $n_D^{22} = 1,4572$, ce qui donne une réfraction moléculaire égale à 32,73 (théorique 32,60). Ce n'est ni

$$C^2H^5 - CH = CH - CH^2Br \quad (I)$$

qui bout à 124°, ni $C^2H^5 - CHBr - CH^2$ (II), qui se transposerait en donnant le bromure (I), comme je l'ai montré précédemment [1]. La réfraction moléculaire présenterait d'ailleurs dans ces deux cas (bromures d'allyle) une exaltation notable. Il faut admettre que le liquide étudié est un mélange des deux bromures de vinyle $C^2H^5 - CH^2 - OBr = CH^2$ (III) et $C^2H^5 - CH = CBr - CH^2$ (IV). Le bromure (III) est connu [2]. Il bout à 107-108°. Son isomère (IV) n'a pas été décrit. Les résultats suivants confirment cette constitution du mélange : L'action de la potasse alcoolique donne un carbure acétylénique vrai, ce qui implique la présence du bromure (III). L'acétate de sodium ne réagit pas, ce qui exclut le bromure (I) et montre que le brome est fixé à un carbone dou-

---

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 788.
(2) Lespieau, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **29**, 1921, p. 531.

blement lié. Une oxydation permanganique a donné de l'acide propionique, ce qui permet de conclure à l'existence du bromure (IV).

Quant à la seconde fraction, elle est constituée par un dibromure $C^5H^{10}Br^2$, ayant comme constantes : $Eb_{18} = 62\text{-}63°$, $d^{16} = 1,6452$, $n_D^{16} = 1,5031$, R.M. $= 41,33$ (théorique $40,87$). Le point d'ébullition montre qu'il n'y a pas de brome primaire dans la molécule de ce composé qui a pour formule $C^3H^7 - CBr^2 - CH^3$. La formation de ce dibromure s'explique aussi bien à partir du monobromure (III) qu'à partir de son isomère (IV), d'après les règles admises relativement à l'addition des hydracides sur les bromures éthyléniques.

L'ensemble de ces résultats montre nettement la façon dont l'acide bromhydrique se fixe sur l'éthylallène, et très vraisemblablement sur les homologues de même structure : $R - CH = C = CH^2$.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'enroulement hélicoïdal dans les cristaux.* Note de M. **Paul Gaubert**.

J'ai décrit autrefois des sphérolites d'acide phtalique dont l'enroulement hélicoïdal des particules cristallines se continue dans les cristaux formés à la périphérie, par suite de l'accroissement en largeur de quelques fibres ([1]). Ce fait assez imprévu a été mis dernièrement en doute par F. Bernauer ([2]) qui, bien qu'il n'ait pas fait d'observations à ce sujet, pense que l'apparence de l'enroulement est probablement due à une inégalité d'épaisseur dans les cristaux, provoquée par un accroissement rythmique. Le dérivé de la physostigmine, dont la présence dans la solution est nécessaire pour cet enroulement, exigeant une préparation longue et délicate ([3]), je me suis adressé pour établir que l'enroulement est possible dans les cristaux à des substances commodes à se procurer. Parmi elles l'acide hippurique, étudié par F. Bernauer, m'a donné de bons résultats qui avaient échappé à ce savant.

Les cristaux de ce corps appartiennent au système rhombique et sont hémièdres holoaxes, d'après B. Karandéeff: ils possèdent par conséquent une symétrie compatible avec la formation d'édifices hélicoïdaux. L'acide hippurique, fondu sur une lame de verre, et recouvert d'un couvre-objet,

---

([1]) P. Gaubert, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, **36**, 1913, p. 60, et fig. VI, pl. **14**.

([2]) F. Bernauer, *Neues Jahrb. f. Min., etc.*, Beil. **45**, Abt. A, 1926, p. 124.

([3]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, **145**, 1909, p. 852.

peut rester un certain temps en surfusion et donner lorsqu'il est presque refroidi de très jolis sphérolites à enroulement hélicoïdal, étudiés par F. Bernauer. La préparation étant maintenue à la température de 180-185°, c'est-à-dire un peu au-dessous du point de fusion (187°,5), et la cristallisation amorcée avec une parcelle cristalline, il se produit des cristaux aciculaires, très allongés dont l'accroissement est assez lent. Leur largeur peut atteindre $0^{mm},15$, alors que leur longueur n'est limitée que par les dimensions du couvre-objet ou le contact d'un autre cristal. L'épaisseur est celle de la préparation. En lumière naturelle, ces cristaux aciculaires ne présentent rien de particulier. Cependant la préparation étant refroidie, il se produit des cassures variant de nombre et de direction suivant l'étendue de la lame cristalline, mais se répétant de distance en distance avec les mêmes caractères.

L'examen au microscope, avec les nicols croisés, montre que la teinte de polarisation n'est pas la même sur toute la longueur du cristal, qu'elle varie comme si l'épaisseur de ce dernier se modifiait graduellement en passant par des maxima et des minima. Deux longues plages d'inégale biréfringence, séparées par deux bandes transversales, presque obscures, alternent régulièrement. La plus biréfringente est la plus allongée. Dans les deux, la biréfringence est maxima à leur milieu. Leur allongement optique est différent, il est positif dans la bande la moins biréfringente et négatif dans l'autre. L'examen en lumière convergente indique que les bandes obscures et étroites sont perpendiculaires à un axe optique, que le milieu des deux sortes de bandes biréfringentes est perpendiculaire aux bissectrices obtuses et aiguës, cette dernière correspondant à la bande la plus courte est positive. Il s'agit donc d'un enroulement hélicoïdal autour de la direction de l'indice de réfraction moyen n_m et, par conséquent, autour de l'axe vertical c du cristal [le plan des axes optiques est, en effet, parallèle à la face p(001), et la bissectrice aiguë positive coïncide avec l'axe b]. Le pas de l'enroulement varie, non seulement d'un cristal à l'autre, mais aussi dans le même individu. Il est habituellement très grand (quelques millimètres) et semble dépendre de la vitesse d'accroissement du cristal en relation avec la température, difficile à maintenir constante avec une platine chauffante électrique. En outre, l'acide hippurique se décompose légèrement et ses produits d'altération diminuent la vitesse de cristallisation.

Les faces limitant les cristaux d'acide hippurique enroulés doivent évidemment présenter des particularités manifestant cet enroulement, mais à part les cassures mentionnées plus haut, l'inégalité de la vitesse de disso-

lution sur le trajet de lame, je ne suis pas arrivé à en mettre d'autres en évidence.

Les cristaux des substances dont les arêtes présentent une certaine torsion, comme ceux, par exemple, d'azotate de pseudo-pelletiérine, préparés par G. Tanret, doivent aussi leur forme à un enroulement hélicoïdal des particules cristallines. Le pas de l'hélice de ceux d'azotate de pseudo-pelletiérine peut atteindre plusieurs centimètres.

En outre, dans certains sphérolites, la biréfringence des fibres plus ou moins individualisées varie régulièrement du centre à la périphérie, mais comme entre les nicols croisés on ne voit pas d'anneaux plus ou moins réguliers de même biréfringence, il semble qu'on a plutôt l'image d'une polarisation d'agrégats que celle d'un édifice à enroulement hélicoïdal. Cependant, l'étude des fibres, faite au moyen de la platine de Fedoroff (1), indique qu'il s'agit dans chacune d'elles, comme dans les cristaux isolés d'acide hippurique, d'un édifice hélicoïdal. Pour chaque fibre, l'enroulement a un point d'origine particulier indépendant de celui des voisines. De même, certaines substances cristallisant difficilement après fusion et refroidissement de la préparation (aucubine, arbutine, sucre de canne, etc.) donnent généralement des masses fibreuses, dont chaque fibre présente un enroulement hélicoïdal ayant une origine particulière.

Il résulte donc de ce qui précède, que l'existence des édifices hélicoïdaux est assez fréquente, qu'en dehors des beaux sphérolites à enroulement étudiés jusqu'ici, on peut la constater dans des cristaux isolés, dans des sphérolites ne montrant pas d'anneaux concentriques et dans des masses fibreuses en apparence tout à fait irrégulières.

GÉOLOGIE. — *Sur la série sédimentaire jurassique et crétacée de la côte occidentale de Madagascar, entre le Manambolo et le Manambao.* Note (2) de M. **Louis Barrabé**, présentée par M. H. Douvillé.

Les formations jurassiques et crétacées qui s'étendent le long de la côte occidentale de Madagascar, entre le Manambolo et le Manambao, n'ont été étudiées jusqu'à ce jour que d'une manière très fragmentaire (missions de Mouneyres et Baron, de Giraud et de MM. Léon Bertrand et L. Joleaud). Au

(1) P. Gaubert, *Bull. de la Soc. fr. de Min.*, 36, 1913, p. 47.

(2) Séance du 13 juin 1927.

cours d'une mission officielle, en 1926, j'ai été amené à étudier en détail, en collaboration avec M. Schnaebelé, géologue de la Colonie, la stratigraphie et la tectonique de cette région. Les nombreux fossiles que nous avons pu récolter permettent, dès maintenant, de donner un aperçu d'ensemble des différents niveaux jurassiques et crétacés qui s'y rencontrent.

La série n'est complète suivant aucun parallèle; pour trouver le maximum de complication, il faut étudier le Jurassique entre Tsiandro et Antsalova, et le Crétacé, plus au Sud, entre Bekopaka et Trangahy, le long de la rive nord du Manambolo. La série complète présente ainsi de haut en bas :

15. Calcaires marneux, crayeux, blancs, à *Pycnodonta vesicularis* Lam., Baculites indéterminables (probablement Maestrichtien).

14. Marnes et calcaires marneux gris d'Antokazo, à *Cassidulus Oldhammi* Stol., *Baculites vagina* Forbes, Inocérames, etc. (Campanien ou Santonien).

13. Calcaires gréseux, glauconieux, de Mitraiky, à *Desmoceras* (*Hauericeras*) *Gardeni* Baily, *Epiaster nobilis* Stol., *Marsupites ornatus* Sow., *Pachydiscus* cf. *arrialorensis* Stol., Inocérames de très grande taille, etc. C'est le début de la transgression sénonienne (Santonien ou Coniacien) qui a recouvert dans la région les coulées volcaniques du Crétacé moyen.

12. Coulées volcaniques, principalement basaltiques, alternant avec d'épaisses intercalations de tufs.

11. Grès rougeâtres, faiblement cimentés, avec quelques intercalations lenticulaires de marnes panachées, rougeâtres et verdâtres, sans fossiles.

10. Grès glauconieux, parfois grossiers, avec intercalations marneuses, fossilifères en quelques points (près de Masiaposa et au nord d'Andimaka): *Vola quinquecostata* Sow., *Acanthoceras* sp. C'est probablement de l'Albien. Près d'Ampoza, au nord de Bekopaka, ces grès passent à leur partie supérieure à des calcaires gréseux glauconieux à *Inoceramus* cf. *labiatus* et à très grosses ammonites mal conservées.

9. Grès rougeâtres semblables aux grès supérieurs (11), mais généralement sans intercalations marneuses et avec nodules cimentés par de l'hématite.

8. Marnes grises, avec gypse parfois, à *Duvalia polygonalis* Blainv., *Duvalia ensifer* Oppel, Serpules spiralées, etc.; en certains points, une faune naine à petites ammonites pyriteuses : *Phylloceras semisulcatum* d'Orb., vient s'ajouter à la faune précédente (Valanginien ou Tithonique supérieur). Souvent des bancs irréguliers de grès glauconieux se rencontrent au sommet des marnes.

7. Calcaires glauconieux, souvent rubéfiés au contact de l'air, avec *Perisphinctes* (*Virgatosphinctes*) *denseplicatus* Waagen, *Hecticoceras Kobelli* Oppel, *Aptychus* du groupe des *Lamellosi*, *Belemnites*, etc. (Kimmeridgien).

6. Marnes grises sans fossiles (Oxfordien ou Callovien probablement).

5. Calcaires marneux blancs sans fossiles.

4. Calcaires souvent très fossilifères avec *Pygurus depressus* Agass., *Cidaris* sp., Brachiopodes et nombreuses baguettes de *Cidaris*, formant une zone étroite en bordure occidentale de l'Antsingy (Bathonien supérieur).

3. Calcaires oolitiques ou pisolitiques compacts, débutant souvent par un niveau à gros polypiers (piste d'Antsalova à Tsiandro) et comportant des bancs qui sont de véritables lumachelles à Nérinées. Ces calcaires, très peu marneux, portent la forêt de l'Antsingy (Bathonien).

2. Calcaires sublithographiques alternant avec des bancs marneux (Bajocien).

1. Calcaires dolomitiques, parfois bréchoïdes et calcaires marneux avec quelques polypiers (Tsiandro) (Lias).

Ce dernier niveau calcaire repose sur les grès tendres du Trias qui constituent la majeure partie de l'escarpement du Bemaraha, les calcaires couronnent simplement la falaise.

Tout cet ensemble jurassique et crétacé plonge régulièrement vers l'Ouest; cependant les marnes à *Duvalia* sont nettement transgressives sur l'Oolitique supérieur et jusque sur le Bathonien au col Soahanina-Demoka (Nord de Soarano) et entre Kinanjao et le Manambolo (Est de Bekopaka). Les grès infra-crétacés sont transgressifs sur toute la même série jurassique dans les mêmes lieux et au nord de Dokolahy. Le Sénonien est transgressif sur les basaltes.

Il résulte de l'étude stratigraphique sommaire qui précède que la série sédimentaire jurassique et crétacée, sur la rive nord du Manambolo, est très voisine de celle, mieux connue, située au sud de la Betsiboka. Les différences essentielles sont seulement : a, *l'absence ici du Lias fossilifère indiscutable;* b, *l'absence du faciès callovien de la « Golden Oolite » de Cutch qui se rencontre non seulement au Nord (Mahavavy), mais aussi au Sud (Sakondry)*; c, *la réduction des niveaux albiens fossilifères;* d, *l'absence des grès à reptiles remplacés peut-être en partie ici par les calcaires gréseux et les marnes du Sénonien inférieur.*

GÉOLOGIE. — *Sur le volcanisme récent dans le sud-est de l'Indochine.* Note de M. **F. Blondel**, transmise par M. Pierre Termier.

Tous les voyageurs qui ont parcouru l'intérieur du sud-est de l'Indochine ont été frappés par l'extension des phénomènes volcaniques, probablement assez récents, dont cette région a été le siège. De nombreux auteurs se sont faits l'écho de ces remarques.

Je suis en mesure de préciser un peu ces indications en donnant quelques détails :

1° Toutes les roches volcaniques de cette époque semblent, au moins

en gros, appartenir au groupe des basaltes. Je les ai d'ailleurs signalés dans une Note précédente. L'étude pétrographique systématique de ces basaltes reste encore à faire, encore que certains échantillons aient déjà été décrits. M. A. Lacroix, à qui j'ai pu montrer un certain nombre de ces régions basaltiques, m'a fait remarquer la grande fréquence du type doléritique.

2° Le fait le plus frappant est l'extrême étendue de ces formations volcaniques. Il n'est probablement pas exagéré de dire que le tiers de la superficie du pays que j'étudie ici et qui a environ 600^{km} de longueur sur 300^{km} de largeur est couvert de basalte, ce qui représente pour l'extension de ces roches basaltiques une surface égale approximativement au dixième de la France.

Les taches principales de basalte sont les suivantes :

Le Kontum où l'on trouve une zone basaltique à peu près continue disposée grossièrement à l'intérieur d'un cercle de 150^{km} de diamètre;

Le Darlac qui fait suite au Kontum vers le sud et où les formations basaltiques ont à peu près même étendue.

La vallée du haut Donnai où le basalte s'étend sur plus de 100^{km} de longueur avec de larges excroissances à droite et à gauche de la vallée;

Enfin une bande énorme qui ne s'interrompt guère qu'au passage du Donnai et qui va depuis 50^{km} à l'ouest de Kompong Cham sur la rive ouest du Mékong, jusqu'au rivage de la Cochinchine. Le bord sud-ouest de cette bande, dirigé suivant un large arc de cercle de près de 200^{km} de rayon et de concavité ouverte vers le sud-ouest, devait probablement marquer à un moment donné le rivage de la mer. Cette bande a une largeur variable qui oscille entre 30^{km} et 50^{km}.

En dehors de ces masses principales existent un grand nombre d'autres taches, petites ou grandes, moins importantes par rapport aux précédentes, mais qui ont souvent des dimensions atteignant plusieurs dizaines de kilomètres.

On est donc là en présence d'un phénomène d'une ampleur extraordinaire.

3° Il est relativement assez rare de rencontrer dans ces régions volcaniques des appareils suffisamment bien conservés pour qu'on ne puisse douter de leur interprétation. Beaucoup de voyageurs ont été trompés par la fréquence des cirques d'érosion qu'ils ont pris pour des cratères ou même par de simples bosses granitiques dont la forme pouvait induire en erreur. Cependant, au Kontum et au Darlac, on trouve encore quelques anciens volcans non douteux, tant par leur forme que par l'abondance des scories

dont ils sont constitués. Le plus célèbre d'entre eux est le Cheu Dron (ou Chi Hodrong) près de Pleiku, dans la province de Kontum et dont la fraîcheur de conservation est remarquable.

4° L'altération très profonde du basalte, l'absence de terrains sédimentaires ne permettent pas de dater avec précision ces éruptions. Presque toutes ces coulées constituent actuellement des plateaux plus ou moins entamés par l'érosion, ce qui montre leur ancienneté relative. Par contre, la présence d'appareils encore conservés ne permet pas de faire reculer cette ancienneté très loin dans le temps. On est en droit de penser, jusqu'à preuve du contraire, que ces éruptions datent sinon du Quaternaire, du moins de la fin du Tertiaire.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures sur les gros ions à Paris.* Note de M. **J. Mac Laughlin**, présentée par M. G. Ferrié.

Nous avons déjà présenté (¹) à l'Académie certains résultats de mesures sur les gros ions à Paris. La présente Communication résume de nouveaux résultats.

I. *Absorption de la radiation solaire par les gros ions.* — A l'aide d'observations pyrhéliométriques faites au sommet et en bas de la Tour Eiffel, et de mesures croisées sur les gros ions, nous avons pu déterminer l'ordre de grandeur de l'absorption due, très probablement par dispersion (²), aux gros ions. Pour une couche atmosphérique égale à la hauteur de la Tour (300^m), et une concentration moyenne des ions, cette absorption est de $\frac{6}{1000}$. Puis, en supposant applicable la formule de Lord Rayleigh sur la dispersion de la lumière par de petites particules, et en tenant compte des gros ions des deux signes et des centres neutres, nous avons trouvé pour le rayon des gros ions la valeur $5,5 \cdot 10^{-6}$ cm. Par d'autres procédés, de Broglie a trouvé $4,9 \cdot 10^{-6}$ cm, Nolan $4,1 \cdot 10^{-6}$ cm, et Pollock $3,5 \cdot 10^{-7}$ cm.

II. *Les gros ions et les éléments météorologiques.* — Une étude statistique a donné des résultats négatifs pour la pression barométrique et l'humidité absolue, et des résultats positifs pour les éléments suivants :

a. Température. — Il y a une faible variation du nombre spécifique des gros ions (N) en sens inverse de la température.

(¹) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1183.

(²) Voir A. Boutaric, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1918, p. 71.

Température	5° à 0°,0.	0°,1 à 5°,0.	5°,1 à 10°,0.	10°,1 à 11°,0.	>15°,1.
N	16836	16700	16628	16516	14100

b. État hygrométrique. — La relation est sensiblement linéaire. Dans des cas particuliers, les plus brusques variations de N ont eu lieu les jours de variations rapides et irrégulières de l'humidité relative.

État hygrométrique.	21-90.	31-40.	41-50.	51-60.	61-70.	71-80.	81-90.	91-100.
N (Champ-de-Mars.).	6740	8050	8700	8900	9640	10440	10610	
N (Val-de-Grâce	9330	10590	11250	14000	15760	17460	18780	23060

c. Vitesse du vent. — N varie en sens inverse de la vitesse du vent, sauf quand le vent atteint des vitesses élevées correspondant à des temps orageux.

Vitesse du vent en m/sec.	0,0 à 1,9.	2,0 à 3,9.	4,0 à 5,9.	>6,0.	>8,0.
N (Champ-de-Mars)	14470	10500	8240	9090	
N (Val-de-Grâce)	23200	18450	14890	14650	17665

d. Visibilité (V). — Le produit de V et de N est à peu près constant.

N (V.-G.)	5000.	7000.	9000.	11000.	13000.	15000.	17000.	19000.	22100.	28500.	44900.
V (en km)	14,52	9,30	7,11	6,08	5,15	3,81	3,53	3,35	2,77	2,25	1,61

e. Nébulosité. — La relation est complexe.

Nébulosité	0.	0.	1.	2.	3.	4.	5.
N/1000 (Champ-de-Mars)	8,8	10,0	9,6	8,3	7,8	7,9	8,2
N/1000 (Val-de-Grâce)	17,4	18,0	16,0	13,7	14,0	13,0	12,0

Nébulosité	6.	7.	8.	9.	10.	10.
N/1000 (Champ-de-Mars)	8,3	8,5	8,6	8,6	9,1	10,3
N/1000 (Val-de-Grâce)	12,7	13,2	13,4	15,2	18,0	19,1

f. Pluie. — Nous ne trouvons aucune relation simple entre la quantité de pluie tombée et les gros ions. Le plus souvent la concentration est forte pendant les pluies fines de faible intensité. En général, la teneur en gros ions diminue après la pluie.

III. *Excès d'ions d'un signe : a. Charges libres de l'atmosphère.* — Une étude de cette question a été déjà faite par Daunderer et Norinder à l'aide de mesures sur le champ électrique : leurs résultats ne s'accordent pas bien; nos propres résultats s'accordent bien avec ceux de Norinder.

b. Excès négatif par beau temps. — Nous avons constaté plusieurs fois par beau temps l'existence d'un excès négatif considérable qui peut expli-

quer le renversement du champ électrique par ciel serein. L'origine de cet excès se trouve, croyons-nous, dans un fait observé par de Broglie, à savoir la libération dans certaines conditions de noyaux liquides d'une surface humide légèrement chauffée. Si les noyaux sont libérés de la surface du sol même sous l'action du soleil ou d'un vent séchant, comme nous le supposons, ils porteront des charges négatives et influeront sur le champ électrique.

c. Origine des charges électriques de la pluie. — Dans une discussion approfondie, Chauveau a envisagé la possibilité des gros ions comme source des charges sur la pluie. Le tableau suivant, où l'intervalle de comparaison est d'une demi-heure, donne un appui à cette hypothèse. Les pluies positives sont plus fréquentes que les pluies négatives, mais les fortes charges sont plus fréquemment négatives que positives. Notre tableau montre l'existence d'une asymétrie analogue dans les excès positifs et négatifs des gros ions.

Excès pour 100.	0.	1 à 3.	4 à 6.	7 à 10.	11 à 15.	16 à 20.	21 à 30.	31 à 40.	> 40.
Nombre de fois positif.	15	54	55	48	30	11	4	4	0
Nombre de fois négatif.	»	46	24	21	11	8	13	2	4

Un exposé détaillé de nos observations et des particularités qu'elles présentent sera publié ailleurs.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Alsace et en Lorraine.* Note de M. **Ch. Maurain**, présentée par M. G. Ferrié.

Ces mesures font partie de celles qui ont été décidées par la sixième section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale en vue de l'établissement d'un nouveau réseau magnétique de la France. Elles ont été effectuées pendant l'été 1926 dans 44 stations indiquées par M. Mathias, secrétaire de la sixième section. Presque toutes les mesures ont été faites en double. Le tableau suivant donne les valeurs de la déclinaison D, de l'inclinaison I et de la composante horizontale H rapportées au 1er janvier 1922.

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique au moment des mesures.
MOSELLE (17 stations).				
Bitche	" »	64°.32,1	0,19808	Calme.
Bouzonville	10.15,3	47,8	19696	Calme.
Château-Salins	6,5	26,3	19868	Calme (D, I), presque calme (H).
Courcelles	18,0	35,1	19754	Calme.
Dieuze	10,7	28,0	19876	Calme.
Fénétrange	9.47,0	35,0	19754	Presque calme.
Forbach	51,2	38,0	19741	Calme (I), presque calme (D, H).
Lorquin	51,4	29,9	20002	Presque calme (I, H), un peu agitée (D).
Metz	10.23,1	40,1	19740	Calme.
Morhange	12,7	33,1	19787	Calme.
Phalsbourg	9.49,6	29,8	19904	Presque calme.
Saint-Avold	10.19,1	35,6	19736	Calme.
Sarrebourg	9.46,7	33,3	10883	Presque calme.
Sarreguemines	50,7	37,7	19686	Calme.
Sierck	10.19,6	46,1	19639	Calme.
Thionville	26,1	40,9	19669	Calme (D, I), presque calme (H).
Verny	23,3	28,9	19835	Presque calme (D), un peu agitée (I, H).
BAS-RHIN (12 stations).				
Erstein	9.51,7	64. 3,9	0,20228	Calme (D), pr. calme (I), un peu agitée (H).
Haguenau	9.39,2	64.25,7	19919	Calme.
Lauterbourg	10. 1,8	63.31,2	19895	Calme (I), presque calme (D, H).
Molsheim	9.55,6	64.11,4	20151	Calme (D, I), presque calme (H).
Niederbronn	38,9	32,1	19835	Calme (D), presque calme (I, H).
Sarre-Union	50,5	27,5	19853	Calme (D, I), presque calme (H).
Saverne	41,0	30,0	19951	Calme (D, I), presque calme (H).
Schirmeck	38,5	21,2	20055	Calme.
Sélestat	45,7	2,7	20161	Calme (D), pr. calme (H), un peu agitée (I).
Seltz	33,4	26,6	19927	Calme (D, I), presque calme (H).
Wissembourg	44,0	30,1	19989	Presque calme.
Wœrth	47,1	29,3	19918	Calme (I), presque calme (D, H).
HAUT-RHIN (12 stations).				
Colmar	9.47,0	63.49,9	20274	Calme (D), presque calme (I, H).
Dannemarie	47,6	34,3	20467	Calme.
Guebwiller	47,0	48,1	20316	Calme.
Lautenbach	44,8	44,9	20279	Calme (D) presque calme (I, H).
Massevaux	48,9	41,7	20657	Calme.
Mulhouse	41,8	32,8	20450	Calme (D, I), presque calme (H).
Munster	45,8	48,8	20265	Calme (D, H), presque calme (I).

Stations.	D.	I.	H.	Situation magnétique au moment des mesures.
euf-Brisach	° »	° 63.45,2	20280	Calme.
a Poutroie	»	64. 1,8	20232	Presque calme.
aint-Amarin	9.51,5	63,51,6	20310	Calme.
ainte-Marie-aux-Mines	44,2	64. 1,4	20234	Calme (D, I), presque calme (H).
Vesserling	51,9	63.47,6	20329	Calme (D, I), presque calme (H).
Territoire de Belfort (3 stations).				
elfort	9.53,7	63.40,3	20451	Presque calme (D, I), un peu agitée (H).
elle	49,6	29,7	20549	Calme.
iromagny	54,5	38,8	20384	Calme (I), presque calme (D, H).

Les stations visitées ayant été beaucoup plus nombreuses que celles étudiées par A. Nippoldt en 1909 (au nombre de 16), la carte magnétique peut être établie avec plus de précision dans le détail. On constate dans le nord de l'Alsace et en Lorraine des anomalies assez fortes.

Un fait intéressant est le changement d'allure des lignes d'égale valeur de la composante horizontale et des lignes d'égale inclinaison à la traversée des Vosges. Les unes et les autres s'infléchissent vers le Sud-Est, ce qui correspond à un accroissement de la composante horizontale et à une diminution de l'inclinaison (variations qui s'accordent entre elles). Ces lignes présentent une inflexion inverse dans la plaine d'Alsace, où elles reprennent sensiblement leur position normale. La chaîne des Vosges a ainsi une influence magnétique qui se traduit en gros par une dépression vers le Sud des lignes d'égale inclinaison et d'égale composante horizontale. Cette anomalie paraît correspondre aux zones de roches éruptives qui se présentent dans la chaîne des Vosges depuis la vallée de Schirmeck jusqu'à l'extrémité méridionale de la chaîne.

BOTANIQUE. — *Sur la nutrition carbonée du* Penicillium glaucum *à l'aide de divers composés organiques de la série grasse.* Note (1) de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P. A. Dangeard.

Dans ses grandes lignes, la nutrition carbonée des Champignons en général et des Moisissures en particulier est assez bien connue grâce aux travaux auxquels ont donné lieu un petit nombre d'espèces, notamment le *Sterigmatocystis nigra* et l'*Euriotiopsis Gajoni*, mais, cependant, demande

(1) Séance du 7 juin 1927.

à être précisée de manière à rendre les résultats moins fragmentaires. En vue de contribuer à ce travail qui demandera encore de nombreuses recherches, j'ai pris comme exemple le *Penicillium glaucum*, cette moisissure bleue si répandue partout et qui a l'avantage de pouvoir être cultivée à la température habituelle des laboratoires.

Comme milieu de culture j'ai employé le liquide ci-après, qui contient tout ce qui m'a semblé — après de nombreux essais — être utile au *Penicillium* en fait d'azote (minéral) et de substances minérales mais ne renferme pas du tout de carbone : eau, 2^l; nitrate d'ammoniaque, 6^g; phosphate de potasse, 1^g; chlorure de potassium, 1^g; nitrate de calcium, $0^g,60$; sulfate de magnésium, $0^g,60$; sulfate d'ammoniaque, $0^g,30$; sulfate de zinc, $0^g,05$; phosphate de fer, $0^g,05$; chlorure de manganèse, $0^g,05$; silicate de potassium, $0^g,05$.

A ce liquide, distribué à raison de 125^{cm^3} dans des fioles d'Erlenmeyer, on ajoutait une petite quantité environ $0^g,5$ pour les substances solides et de 3 à 5 gouttes pour les substances liquides) d'une substance carbonée, on stérilisait ([1]) à l'autoclave à 120° pendant un quart d'heure, puis on ensemençait avec des conidies de *Penicillium* prélevée dans une culture pure sur carotte. On laissait ensuite le tout en l'état pendant une dizaine de jours, temps largement suffisant pour se rendre compte si la moisissure avait pu se développer — en formant du mycélium et des conidies —, ce qui indiquait que le carbone de la substance ajoutée avait été assimilé ([2]).

Je me contenterai de donner dans cette Note les résultats que j'ai obtenus avec un certain nombre de substances organiques de la série grasse.

Parmi les alcools primaires, seul l'*alcool éthylique* s'est montré nettement assimilable; les *alcools méthylique*, *propylique*, *butylique*, *caproïque*, *allylique* se sont montrés incapables de céder leur carbone pour assurer la nutrition du *Penicillium*

Quant aux alcools polyatomiques, l'*érythrite*, la *mannite* et, surtout, la *glycérine*, ils sont nettement assimilables, tandis que le *glycol* ne l'est pas.

([1]) Pour les substances volatiles, qui, évidemment, auraient disparu durant la stérilisation, j'ai dû me contenter de stériliser le liquide seul, puis, après refroidissement, d'y ajouter, aussi aseptiquement que possible, la substance à étudier.

([2]) A la vérité, j'ai reconnu que les conidies du *Penicillium* renferment des traces d'une substance carbonée qui leur permettent de subir dans liquide sans carbone un léger commencement de croissance et de donner de petits mycéliums tout juste visibles à l'œil nu ; mais ces mycéliums plus que rudimentaires sont très faciles à distinguer de ceux, copieux, que l'on obtient dans un milieu où la substance carbonée ajoutée a été assimilée. Je note, en passant, que les conidies d'une autre moisissure, le *Sterigmatocystis nigra* ne semblent pas renfermer de réserves carbonées analogues, car, mises sur le même liquide elles restent absolument inertes, même à 28° — 30°, leur température optimum.

Parmi les dérivés des alcools que j'ai étudiés, j'ai reconnu que l'*éther ordinaire*, l'*aldéhyde formique*, le *chloral*, l'*acétone* ne sont pas assimilables. Les *graisses* semblent susceptibles d'assurer la nutrition carbonée de la Mucédinée, mais il est difficile d'avoir des certitudes à ce sujet parce qu'il est presque impossible d'en avoir de parfaitement pures et de les mélanger avec le liquide cité plus haut; j'ai cependant obtenu un résultat nettement positif avec l'*huile de ricin*.

Les *sucres* et corps analogues sont, en général, particulièrement favorables pour nourrir, en carbone, le *Penicillium*, lequel donne d'excellentes cultures avec le *glucose*, le *lévulose*, le *galactose*, le *mannose*, le *saccharose*, le *maltose*, le *raffinose*, et un peu inférieurs avec le *lactose*. Excellents résultats aussi avec les *glucosides* (*salicine*, *amygdaline*), l'*inuline*, la *dextrine*, le *glycogène*, mais nuls avec l'*amidon* (cuit), la *gomme arabique* et la *cellulose* (coton).

Parmi les *acides* mis en expérience, presque tous se sont montrés incapables de céder leur carbone, qu'il s'agisse d'acides monobasiques (*formique*, *acétique*, *butyrique*, *oléique*), d'acides bibasiques (*oxalique*, *malonique*) ou d'acides-alcools (*glycolique*, *lactique*, *tartrique*, *citrique*); seuls les *acides malique* et *succinique* sont assimilables et, même, copieusement.

Quelques substances grasses, à la fois azotées et carbonées (outre l'*amygdaline* citée plus haut) peuvent céder leur carbone à la Mucédinée. C'est le cas du *glycocolle* et de l'*asparagine*, qui cependant ne donnent que des résultats médiocres; avec ces substances on obtient des petites colonies flottantes avec centre rouillé, lequel au microscope se montre formé de nombreuses chaînettes de conidies semblant — à part leur couleur — normales, et de conidiophores nettement tératologiques. Quant à l'*urée* et à l'*acide urique*, ils n'ont donné ni l'un ni l'autre aucun résultat.

En résumé, sur les 47 substances de la série grasse que j'ai eu l'occasion de mettre en expérience, 22 se sont montrées capables d'assurer, plus ou moins bien, la nutrition carbonée du *Penicillium*, proportion assez notable qui explique, en partie, pourquoi cette Mucédinée, trouvant partout ce qui lui convient, est si répandue et contamine les milieux les plus divers.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La nutrition azotée des Mucorinées. Assimilation de l'ion nitrique.* Note de M. **Denis Bach**, présentée par M. Guignard.

Dans une Note précédente (¹), j'ai indiqué que la plupart des Mucorinées sont capables d'assimiler l'azote ammoniacal et avec de bons rendements, à condition d'utiliser un milieu stabilisé. Par contre, ce n'est qu'une minorité qui est capable d'assimiler l'azote nitrique.

Les 24 espèces précédemment étudiées ont été cultivées sur le milieu habituel, mais en remplaçant le sulfate d'ammoniaque par une dose équivalente de nitrate de potasse ($1^{g},01$ pour 100; sol. N/10). Les cultures ont été faites et examinées suivant les techniques déjà décrites. Le milieu a été, dans tous les cas, amené à un pH de départ voisin de 6,3 à 6,4 par addition de $0^{cm^3},5$ de NaOH N/5 par fiole.

Il est remarquable de voir que l'aptitude à assimiler l'azote nitrique semble être un caractère générique. Ainsi, les divers *Rhizopus* (*R. nigricans, tritici, minutus, sp.*), les *Absidia* (*A. glauca, cœrulea, dubia*) les *Lichteimia* (*L. corymbifera, sp.*), sont incapables d'utiliser l'azote des nitrates. Il en est de même avec *Phycomyces splendens*, *Thamnidium elegans*, *Chœtostylum Fresenii*. Toutes ces espèces donnent, au quinzième jour, une culture pratiquement nulle, réduite à quelques flocons muqueux, comme on en obtient en supprimant complètement l'azote du milieu. Par contre, les espèces des genres *Mucor* (*M. spinosus, Mucedo, christianensis, racemosus, circinelloides, fuscus*), *Circinella* (*C. spinosa, umbellata*), *Helicostylum* (*H. piriforme*), *Cunninghamella* (*C. echinulata*), *Syncephalastrum* (*S. cinereum*) se développent toutes sur NO^3K.

Les rendements (pour 25^{cm^3} de milieu et 4 pour 100 de glucose) sont intermédiaires entre ceux que donne le milieu ammoniacal sans tampon et le même milieu avec citrate de soude. D'ailleurs l'addition d'un tampon n'a ici qu'une influence médiocre. Je relève ainsi les chiffres suivants au quinzième jour :

(¹) D. Bach, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 766.

	NO^3K.	$SO^4(NH^4)^2$.	$SO^4(NH^4)^2$ + citrate.
Mucor spinosus	0,1258	0,0882	0,2090
» *racemosus*	0,1168	0,0681	0,1072
» *christianensis*	0,0988	0,0628	0,1140
» *circinelloides*	0,1384	0,0446	0,1165
» *fuscus*	0,1020	0,0339	0,1445
Cunninghamella echinulata	0,2214	0,0596	0,2795
Helicostylum piriforme	0,2178	0,0236	0,3030
Circinella spinosa	0,2351	0,0240	0,2927
» *umbellata*	0,2150	0,0224	0,2259
Glomerula repens	0,1481	0,0428	0,2250
Syncephalastrun cinereum	0,1431	0,0450	0,2195

En ce qui concerne la variation de la réaction au cours de la culture, on peut distinguer au moins deux cas. Quelques espèces : les *Mucor, Glomerula, Syncephalastrum* acidifient d'abord le milieu dont le pH descend jusqu'à 3 dans les cas les plus nets, puis on assiste à une alcalinisation considérable qui amène les cultures jusqu'à pH = 9 environ, avec, comme il est de règle, une protéolyse intense.

Cette phase d'acidification initiale ne s'observa pas chez les *Cunninghamella, Helicostylum* et *Circinella*. Le milieu s'alcalinise dès le début et l'on aboutit, ici encore, aux mêmes valeurs du pH.

On peut donc admettre, dans le cas des *Mucor*, la production transitoire d'acides organiques aux dépens du sucre. Ces acides semblent appartenir à la série acétique. Comme ces espèces sont en même temps des ferments alcooliques, il se forme des éthers à odeurs variées qui rendent les cultures aromatiques.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence d'une peptone sur la germination de quelques Vandées.* Note de M. **Robert Lami**, présentée par M. A. Dangeard.

Noël Bernard a montré le premier que la germination asymbiotique de certaines Orchidées était réalisable sur un milieu organique (Salep) suffisamment concentré et additionné ou non de saccharose. Plus récemment, MM. Knudson, Wolff et d'autres travailleurs ont obtenu des germinations asymbiotiques viables sur des solutions minérales saccharosées à 2-3 pour 100. M. Mercier a obtenu des résultats meilleurs dans l'ensemble, sur une bouillie gélosée de Salep à 5 pour 100.

L'extrême rareté de *Rhizoctonia mucoroïdes* possesseur d'une activité et d'une virulence convenant au déclenchement de la germination des graines de *Vanda* et de *Phalaenopsis*, nous a conduit à rechercher un milieu optimum pour la germination asymbiotique de ces graines.

La germination des graines de Vandées est assurée sur la bouillie gélosée à 5 pour 100 de Salep, nettement préférable à une décoction limpide. Les sphérules verdissent dès le début de la germination; leur croissance est lente, assez irrégulière, et seulement 60 pour 100 environ de graines donnent des plantules viables.

Les solutions minérales additionnées de saccharose (2-3 pour 100) permettent aussi la germination, mais, en général, les résultats sont inférieurs à ceux que donne le Salep. Dans ces solutions l'azote est fourni sous forme de chlorure ou de sulfate d'ammoniaque.

Des semis de M. Bultel sur solution minérale saccharosée et gélosée, additionnée de racines d'Osmonde hachées, nous ayant paru se développer mieux que sans cette addition, nous avons recherché si l'addition d'une source d'azote organique à une solution minérale sucrée ne favoriserait pas la germination des graines de Vandées. Après des essais ayant porté sur plusieurs centaines de tubes de culture, nous nous sommes arrêté au milieu suivant, dit milieu V. P. :

Solution MN + N de Burgeff	1000
Amidon	1
Saccharose	10
Glucose massée	10
Peptone Chapoteaut	1 à 2
Agar-agar	15 à 18

Ce milieu permet, en culture aseptique, le développement rapide et morphologiquement normal des protocormes, bien que la chlorophylle n'apparaisse que tardivement, souvent après plusieurs semaines, alors que les protocormes atteignent plusieurs millimètres. A ce moment, ils deviennent vert jaune, puis vert franc. Le pourcentage des germinations dépasse souvent 95 pour 100 et l'uniformité de croissance est remarquable. La croissance se poursuit, les feuilles, puis les racines apparaissent. Cependant, dans un tube trop abondamment ensemencé, les protocormes périclitent, puis meurent avant l'apparition de la première feuille. En ne semant que 8 à 10 graines par tube de 18^{mm}, le développement se poursuit jusqu'au stade 3-4 feuilles et 1-2 racines. Il est cependant préférable de repiquer

les protocormes dès leur verdissement sur milieu non sucré (milieu C de Burgeff) en ballons stériles où, s'il s'agit de *Phalaenopsis*, les plantules peuvent, après plusieurs repiquages, atteindre la taille de plantes adultes tout en demeurant asymbiotiques.

L'addition de Salep au milieu V. P. produit un verdissement plus précoce des protocormes.

La comparaison des résultats obtenus sur V. P. avec ceux sur milieu simplement sucré montre que :

1° La peptone accélère la germination, puis le développement des protocormes;

2° La peptone entrave l'apparition précoce de la chlorophylle, et le protocorme incolore mène pendant quelque temps une vie saprophytique;

3° L'aptitude au développement des graines d'un même fruit est variable; sous l'influence de la peptone, cette inégalité tend à diparaître, le pourcentage des plantules viables augmente et, pour un lot de graines de qualité moyenne, passe de 50-60 à 90-95 pour 100;

4° Le repiquage précoce des protocormes sur un milieu non sucré, repiquage équivalant physiologiquement à la suppression de la symbiose, n'entrave pas la croissance des plantules. Il semble donc, par suite, que l'évolution des Orchidées adultes puisse s'effectuer sans symbiose.

CRYPTOGAMIE. — *Note sur les cultures mycéliennes réalisées par les termites indochinois*. Note (¹) de M. **Jean Bathellier**, présentée par M. Louis Mangin.

La comparaison de cultures mycéliennes des termites indochinois avec celles des fourmis champignonnistes sud-américaines, fait ressortir divers points importants.

1° Les champignons poussent, dans les deux cas, sur des meules formées de substances ligneuses mastiquées par les insectes et accumulées. La matière première est constituée, dans le cas des fourmis, par des fragments de feuilles vertes découpées sur certains végétaux. Dans le cas des termites indochinois (*Macrotermes gilvus* Hagen et autres), elle est constituée par de petits morceaux de feuilles et de tiges sèches de graminées, de feuilles

(¹) Séance du 13 juin 1927.

sèches d'autres végétaux (manguiers, en particulier) récoltés sur le sol, aux abords du nid. J'ai pu m'assurer de cette identité au moyen de la loupe et du microscope.

La meule des termites ne ressemble, en aucune façon, à de la matière excrémentielle; elle en diffère par l'aspect physique, par le fait que ses éléments histologiques ne présentent pas de trace sérieuse de digestion, parce qu'elle ne contient pas le fluide rectal brun, que sécrètent les termites dits champignonnistes, comme tous les autres Isoptères.

2° Les meules des termites, comme celles des fourmis, sont revêtues d'un velours mycélien fin et portent, de distance en distance, de petites productions sphériques, blanchâtres, de 1^{mm} de diamètre environ, constituées par le feutrage de filaments spéciaux du champignon, que les auteurs de langue française appellent habituellement des « mycotêtes ». Ces productions constituent, chez les termites, l'ébauche d'autant de « chapeaux » de Basidiomycète.

Une mycotête, isolée par moi et placée dans une boîte close, sur de la ouate humide, devient un de ces chapeaux, avorté mais non douteux. Des coupes pratiquées dans des mycotêtes de tailles diverses, m'y ont montré le développement graduel des organes de cet appareil fructificateur.

Le Basidiomycète présent sur les meules d'*Odontotermes Horni* Wasmann est une Agaricinée: *Volvaria eurhiza* Berkeley et Broome. Je crois qu'il se trouve aussi dans les cultures des autres termites indochinois. D'après Möller, une autre Agaracinée, le *Rozites gongylophora* Möller se rencontre sur les meules des Atta sud-américaines.

3° L'évolution des mycotêtes en chapeaux reproducteurs ne se produit que rarement. En général, les filaments mycéliens qui les constituent prennent un aspect particulier sous lequel ils demeurent fixés. Ils cessent de se cloisonner, leurs articles deviennent vacuolaires, certains se renflent en forme de vésicule. Le même aspect se retrouve dans les accumulations de filaments mycéliens qui sont, chez les fourmis, l'équivalent des mycotêtes. Je pense qu'il y a là une convergence de forme et de structure, imposée par le milieu particulier où se développent ces champignons.

4° Lorsque les meules, garnies de mycotêtes, sont extraites de la termitière, leurs éléments mycéliens reprennent un aspect normal et commencent à édifier un chapeau reproducteur. Mais ce développement est presque toujours étouffé par la croissance luxuriante d'un autre champignon, le *Xylaria Gardneri* var. *minor* Berkeley. Celui-ci est toujours présent sur les meules des termites indochinois, mais il n'est pas apparent, tant que ces construc-

tions sont conservées dans les conditions normales de l'intérieur du nid. Au contraire, les meules des Atta sud-américaines ne paraissent renfermer que le mycélium du *Rozites*. La culture est donc pure, à moins que le dernier Basidiomycète ne soit pas assez vigoureux pour empêcher le développement d'autres Thallophytes, effectivement présents, cependant, sur la meule.

5° Les deux espèces de champignons que j'ai reconnues sur les meules des termites indochinois sont, à la variété près, celles que Petch a recueillies sur les cultures des Odontotermes de Ceylan.

AGRONOMIE. — *Le besoin en chaux des sols acides. Réapparition lente de l'acidité après saturation par la chaux.* Note [1] de MM. **Ch. Brioux** et **J. Pien**, présentée par M. A.-Th. Schlœsing.

Le besoin en chaux immédiat des sols acides peut être déterminé d'une façon exacte par la méthode des courbes électrométriques de saturation [2] ou, d'une façon très approchée, par la méthode Hutchinson.

Nous avons vérifié à maintes reprises qu'une terre acide, mélangée à la quantité théorique de chaux indiquée par les courbes de saturation, arrive à la neutralité et s'y maintient un certain temps. Mais nous avons observé qu'au bout de quelques semaines, le sol avait tendance à se réacidifier.

Divers lots d'une terre (pH initial : 5,67 ; besoin en CaO : 0,488 pour 1000) furent additionnés de CaO ou CO^3Ca, soit à dose égale au besoin en CaO, soit à dose triple. Les lots, maintenus légèrement humides, ont donné à l'électrode hydrogène :

pH.	Dose simple.		Dose triple.	
	Ca O.	CO^3 Ca.	Ca O.	CO^3 Ca.
Après 2 heures de contact	7,05	7,05	8,30	7,93
» 24 heures »	7,00	7,00	8,00	8,00
» 1 semaine »	7,00	6,92	8,04	7,95
» 3 semaines »	6,88	6,77	7,94	7,99
» 7 semaines »	5,87	5,73	6,71	6,85
» 8 semaines »	5,46	5,45	6,85	6,83
» 5 mois et demi »	»	»	6,54	6,54

(1) Séance du 7 juin 1927.
(2) Ch. Brioux et J. Pien, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1297.

Il faut noter la baisse numérique du pH, très accentuée dès la troisième semaine pour tous les lots. Après 8 semaines, les lots à dose simple sont plus acides qu'avant l'essai et les lots à dose triple s'acidifient légèrement.

Ces résultats, un peu surprenants, peuvent être attribués en partie à la nitrification des matières organiques du sol. Or nous avons trouvé qu'en déduisant la chaux ayant saturé l'acide nitrique formé, il reste disponible : pour les lots avec dose triple, 1^{g},256 de CaO, soit environ deux fois et demi le besoin en chaux du sol, dose qui devrait suffire à maintenir l'alcalinité, et environ la moitié de la chaux pour les lots avec dose simple.

Comme vérification, nous avons organisé d'autres essais avec deux terres acides (n° 1 : pH = 6,35, besoin en CaO = 0,239; — n° 2 : pH = 5,15, besoin en CaO = 0,644). La chaux fut introduite à dose simple ou triple sous forme de CO^3Ca précipité. Le pH varia comme suit :

	Terre n° 1.		Terre n° 2.	
	Dose simple.	Dose triple.	Dose simple.	Dose triple.
pH après 2 heures	7,06	7,72	7,05	7,72
» 24 heures	7,06	7,73	7,04	7,80
» 8 jours	7,00	7,80	7,04	8,13
» 3 semaines	7,05	7,70	7,05	8,10
» 5 semaines	6,64	7,38	7,02	8,10
» 2 mois	6,48	7,25	6,79	8,10
» 3 mois et demi	6,31	6,91	6,44	7,23

Ces résultats confirment les précédents. On a dosé également les nitrates dans chaque lot; déduction faite de la chaux correspondante, les quantités suivantes de CaO restaient disponibles pour agir sur l'acidité :

	Terre n° 1.		Terre n° 2.	
	Dose simple.	Dose triple.	Dose simple.	Dose triple.
Besoin en chaux initial	0,239	0,239	0,644	0,644
Chaux finalement disponible	0,132	0,603	0,596	1,683

Il y a encore disproportion entre l'acidité finale et la chaux restée disponible.

Pour expliquer ce fait, qui correspond à une sorte de digestion lente de la chaux par le pouvoir tampon du sol, on peut admettre soit la formation d'acides organiques dus à l'oxydation des débris végétaux ou de l'humus,

soit l'existence, dans le sol, de certains silicates non saturés très peu solubles, dont les radicaux acides n'agissent pas (ou peu) sur le pH initial des suspensions de sol et ne se saturent que très lentement aux dépens de la chaux introduite.

Pour ces terres, le besoin en CaO obtenu au laboratoire serait inférieur au besoin en chaux réel du sol en place, et l'on devrait le multiplier par un certain coefficient.

Ces observations, importantes pour la pratique agricole, concordent avec les résultats d'une étude effectuée récemment au Danemark par Christensen et Jensen (1).

Cette question demande à être approfondie par des essais simultanés au laboratoire et en plein champ.

ZOOLOGIE. — *Les Barbeaux du Maroc.*

Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Bouvier.

Dans les principaux cours d'eau du Maroc, les Poissons de beaucoup les plus abondants et les plus variés sont des Cyprinidés du genre Barbeau. A l'heure actuelle, en effet, on n'en distingue pas moins de dix-sept espèces, plus deux variétés.

Toutes ces formes, ainsi que je l'ai indiqué à plusieurs reprises (2), rentrent dans deux sections nettement distinctes sur lesquelles Boulenger a justement insisté (3) : celle des Barbeaux proprement dits ou *Barbus*, à écailles à stries divergentes, à dernier rayon simple de la nageoire dorsale plus ou moins ossifié et denticulé en arrière; celle des *Labeobarbus*, sous-genre possédant des écailles à stries parallèles et dont le dernier rayon simple de la dorsale est dépourvu de denticulations postérieures.

Dix espèces marocaines rentrent dans la première catégorie dont le type bien connu est le Barbeau commun (*Barbus fluviatilis* Agassiz) de nos eaux métropolitaines, ce sont là des formes à affinités européennes marquées;

(1) Harold Christensen et Tovborg Jensen, *Comptes rendus de la XIe Commission de l'Association intern. de la Science du sol.* Groningen, 1926, vol. A, p. 94.

(2) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 809, et 176, 1923, p. 787.

(3) *Cat. Freshwater Fishes Africa*, 2, 1911, p. 2.

sept autres appartiennent à la seconde catégorie d'origine éthiopienne et même sud-asiatique.

Dans chacun de ces deux groupes différents la variabilité est extrême, elle porte principalement sur le degré d'ossification des rayons simples de la dorsale, la forme de la bouche, le développement des lèvres, la longueur des barbillons, le nombre des écailles, la position des ventrales par rapport à l'origine de la dorsale. Dans chaque série, on passe souvent par des transitions à peine sensibles d'une espèce à une autre.

Or, aussi bien en étudiant les collections du Muséum de Paris et celles du Musée de l'Institut scientifique chérifien à Rabat qu'en effectuant moi-même des pêches, lors d'une mission au Maroc occidental en 1925, j'ai pu constater que des Barbeaux à la fois du type européen et du type africain coexistent presque toujours *ensemble* dans les mêmes eaux, pour ce qui concerne les bassins de tous les grands fleuves du versant atlantique : Sébou, Oum Er Rbia, Tensift.

Les pêcheurs européens ne s'y trompent pas d'ailleurs; ils distinguent les premiers à livrée sombre, à petites écailles, sous le nom de Barbeaux; les seconds de teinte claire, à flancs et à ventre à reflets argentés, à écailles assez grandes, sont désignés par eux, à tort, sous le nom de Chevaines ou de Gardons.

Cette observation doit maintenant s'étendre à tout l'empire chérifien. En effet, lors d'une nouvelle mission accomplie, cette année même, dans le Maroc oriental, j'ai pu retrouver dans le bassin de la Moulouya, tributaire de la Méditerranée, cette même présence simultanée d'espèces de type européen à côté d'autres de type africain. C'est ainsi, par exemple, qu'à Guercif, dans l'Oued Melloulou, près de son embouchure dans la Moulouya, on prend des *Barbus sedivimensis* C. V. (type européen) avec des *Barbus* (*Labeobarbus*) *Waldoi* Boulenger (type africain).

L'étude des matériaux récoltés en 1914 par C. Alluaud, à Port-Say, dans l'oued Kiss, petite rivière qui avoisine la frontière entre le Maroc et l'Algérie, m'avait déjà montré [1] l'existence de ce même *B. setivimensis* C. V. associé au *B.* (*Labeobarbus*) *Paytoni* Boulenger, étroitement allié au *B.* (*L.*) *Valdoi* Blgr.

Au contraire, en Algérie et en Tunisie subsistent seules des espèces à affinités européennes comme le *B. setivimensis* C. V. et le *B. callensis* C. V.

Cette distribution s'explique par la direction de la chaîne de l'Atlas qui, au centre et à l'Est, est plus ou moins parallèle à la ligne de rivage et a mis obstacle aux migrations de formes éthiopiennes d'eau douce venues du Sud. Au contraire, la Moulouya coulant à peu près du Sud au Nord a permis l'arrivée jusqu'au rivage de la Méditerranée de quelques types africains, des communications ayant pu d'autre part s'établir entre ses affluents de gauche et les rivières du versant atlantique, à faune ichtyologique déjà mélangée.

---

[1] *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 49, 1926, p. 459.

Ces constatations géographiques ont leur importance et permettent d'établir une démarcation assez nette entre le Maroc d'une part et l'Algérie-Tunisie de l'autre.

En terminant il me semble nécessaire de réhabiliter dans une certaine mesure, au point de vue alimentaire, les Barbeaux du Maroc dont quelques-uns atteignent parfois une belle taille. En général, ces Poissons sont peu recherchés des colons et des indigènes; cela tient à ce que leur chair, dans des eaux polluées, contracte un goût de vase assez prononcé, mais il en est de même ailleurs pour tous les Cyprinidés.

Dans les eaux claires et limpides — et certains Barbeaux comme celui du grand Atlas (*Barbus Magni-Atlantis* Pellegrin) fréquentent les mêmes eaux que la Truite — leur chair est assez agréable et vaut assurément celle de la plupart des Poissons blancs de nos rivières.

Il ne faut donc pas considérer comme une ressource alimentaire négligeable ces Poissons et l'on doit les protéger, car ils constituent, en quelque sorte, le principal fond de la faune ichtyologique des eaux douces de l'Afrique du Nord.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur les rapports entre le glutathion et le chondriome.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

Par diverses réactions au nitroprussiate de sodium, on peut déterminer la répartition du glutathion dans les Grégarines.

Dans les sporadins de l'espèce *Steinina ovalis* (Léger et Duboscq), parasite de l'intestin de la larve du *Tenebrio molitor*, on peut distinguer trois zones bien délimitées morphologiquement : la zone A, formée par le deutomérite; la zone B, partie postérieure du protomérite en forme de cylindre; la zone C, formée par le cône antérieur protoméritique. Les réactions du nitroprussiate montrent que la distribution du glutathion est établie suivant ces zones : A contient du glutathion, B est beaucoup moins riche et C en est dépourvu.

Au cours de la croissance des sporadins, des modifications de formes peuvent survenir dans ces zones respectives, fréquemment le cône antérieur protoméritique devient très surbaissé dans les sporadins accouplés qui se préparent à l'enkystement, les trois zones de distribution persistent; la différence entre A et B s'est atténuée légèrement parce que B s'est un peu enrichi en glutathion.

Quand deux Grégarines sont enkystées, les réactions colorantes montrent que dans chacune le glutathion est réparti d'une façon homogène dans tout le cytoplasme.

Dans l'espèce *Gregarina polymorpha* (Hamm), également parasite de l'intestin de la larve du *Tenebrio molitor*, on constate des faits analogues. Le sporadin de la Grégarine présente trois zones bien distinctes morphologiquement : A est le deutomérite; C, la lentille antérieure protoméritique et B le reste du protomérite (il y a des sporadins pour lesquels la zone C n'est pas visible). A renferme plus de glutathion que B, et C en est dépourvu. Les différences entre A et B s'atténuent légèrement au cours de la croissance par un enrichissement de la zone B en glutathion. Cet enrichissement est plus rapide et plus important dans la zone B du ♂ que dans la zone B du sporadin ♀. Au stade de l'enkystement, aucune localisation particulière du glutathion n'apparaît; cette substance est répandue uniformément dans le cytoplasme de chacun des deux Sporozoaires.

La répartition du chondriome dans le cytoplasme des sporadins des deux espèces de Grégarines s'établit suivant les zones délimitées plus haut : A est pourvu de chondriocontes et chondriomites nombreux, B ne possède que quelques granulations mitochondriales et C est dépourvu de chondriome. Les différences entre A et B s'atténuent légèrement au cours de la croissance des sporadins par un enrichissement de B en éléments du chondriome. Enfin, dans *G. polymorpha*, cet enrichissement est plus rapide et plus important pour les sporadins ♂ que pour les sporadins ♀.

Au stade de l'enkystement, dans l'une et l'autre espèce, il y a une répartition uniforme du chondriome dans le cytoplasme de chaque Grégarine du couple.

Ainsi, dans les deux espèces étudiées, il existe un parallélisme remarquable, aux diverses phases de l'évolution, entre la teneur en glutathion dans les différentes régions d'une Grégarine et la distribution du chondriome : les zones cytoplasmiques dépourvues de chondriome ne donnent pas la réaction du glutathion, celles où les éléments du chondriome sont peu abondants donnent une réaction faible et celles où le chondriome est le plus abondant donnent une réaction plus forte.

On peut préciser davantage la nature de ces rapports. Les réactions du nitroprussiate donnent tout d'abord une teinte générale diffuse, dont l'intensité relative a permis les constatations ci-dessus. Cette teinte, assez fugace, s'atténue peu à peu et seuls restent colorés dans la cellule les éléments qui

étaient l'origine de la teinte. On s'aperçoit alors que le noyau de la cellule est dépourvu de glutathion et que dans le cytoplasme les seuls éléments qui restent colorés sont précisément les éléments du chondriome.

Dans un sporadin de Grégarine dont le chondriome du protomérite n'est représenté que par quelques éléments granuleux, on peut distinguer par les réactions au nitroprussiate de petits granules violets ayant la taille et la disposition des mitochondries de ce segment, alors que dans le deutomérite se détachent nettement de fines baguettes violettes bordant les éléments de réserve et représentant incontestablement les chondriocontes et chondriomites de cette région. Dans la suite de la réaction, les éléments du chondriome semblent subir un gonflement et sont parfois flanqués de petites vésicules, mais il y a un long espace de temps pendant lequel les images données par la réaction du glutathion sont exactement superposables aux figures que donnent les préparations mitochondriales, et cela pour les deux Grégarines et à tous les stades d'évolution dont il a été question plus haut.

Cette superposition des images mitochondriales aux images données par le glutathion a été également vérifiée dans quelques stades de *Gregarina cuneata* et dans la coccidie *Aggregata eberthi*. Il résulte de ces diverses constatations que, dans le groupe des sporozoaires, le chondriome est le support du glutathion.

Des recherches en cours ont en outre permis de vérifier que le fait se retrouve dans le chondriome des végétaux et dans celui de divers tissus de métazoaires. Les résultats de ces recherches nous permettent de penser qu'il y a là un caractère très général et que le chondriome, étant l'élément cellulaire qui supporte le glutathion, doit jouer, de ce fait, un rôle important dans la respiration intracellulaire.

PHYSIOLOGIE. — *Secousse de shunt sur le gastrocnémien de grenouille.* Note (¹) de M. **Philippe Fabre**, présentée par M. d'Arsonval.

Lorsqu'on met en court circuit par un conducteur métallique très peu résistant les deux électrodes excitatrices d'un nerf sciatique de grenouille parcouru par un courant polarisant, on constate une vive secousse du gastrocnémien.

(¹) Séance du 13 juin 1927.

Ce mode particulier d'excitation par cessation d'un courant préalablement établi est analogue à celui que j'ai étudié sur l'homme avec la collaboration de H. Desgrez et J. Dubost [1], sous le nom de secousse de shunt.

Sur les préparations que j'ai expérimentées, la secousse de shunt du gastrocnémien s'est montrée plus ample que celle obtenue lors de la fermeture du courant polarisant, plus ample aussi que celle obtenue par ouverture simple de ce même courant.

L'excitation par shunt se fait mieux en courant descendant qu'en courant ascendant, contrairement à ce que l'on pourrait prévoir d'après les résultats en excitation monopolaire sur l'homme.

Elle se manifeste soit que l'on opère avec un nerf coupé sur électrodes de d'Arsonval, soit avec un nerf non coupé reposant dans la chambre spéciale de Lapicque.

Il faut, croyons-nous, attribuer cette excitation à la décharge des condensateurs élémentaires que constituent les membranes tissulaires, véritables diélectriques imparfaits séparant le sérum électrolytique qui baigne leurs faces. Ces faces chargées d'électricités de signes contraires, à la manière des armatures des condensateurs, se déchargent dans le shunt en y créant un courant de sens opposé ou courant primitif polarisant. Son intensité peut être grande, vu la faible résistance vraie des tissus et du shunt. La question se pose de savoir si la secousse de shunt en excitation bipolaire doit être attribuée à ce courant de dépolarisation, qui agirait sur les éléments nerveux comme un véritable courant de fermeture brusquement admis dans un nerf intact, ou bien si c'est un changement d'équilibre physico-chimique des membranes polarisées, corrélatif à leur décharge, qui détermine l'excitation actuelle.

Les expériences ne doivent être répétées qu'un petit nombre de fois sur la même préparation, à cause des effets des courants prolongés, nuisibles à la constance de l'excitabilité.

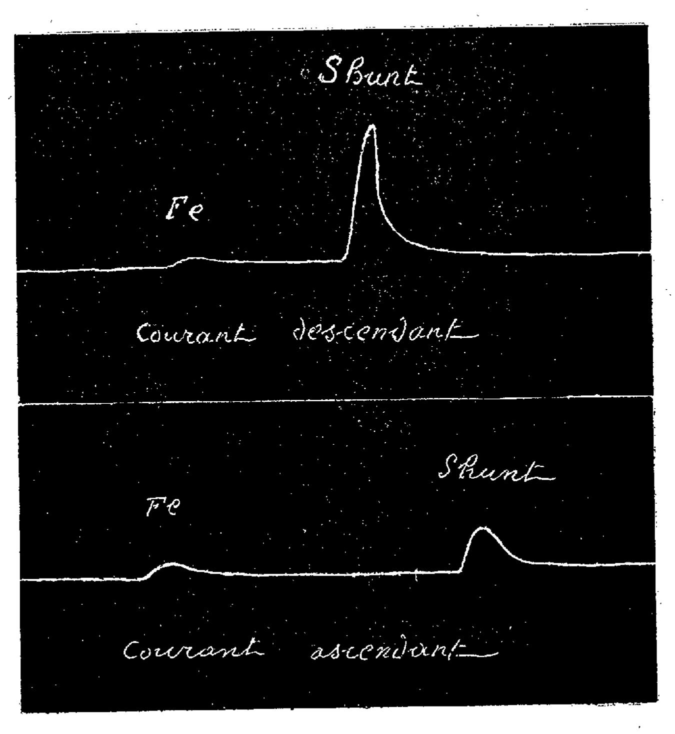
Elles réussissent identiquement soit que l'on admette le courant polarisant par fermeture brusque, soit que l'on fasse croître progressivement son intensité pour éviter la secousse de fermeture.

La contraction est d'autant plus forte que la durée de passage du courant polarisant est plus prolongée, dans les limites de quelques secondes pour

---

(1) Ph. Fabre, H. Desgrez, J. Dubost, *Excitation musculaire par dépolarisation électrique, Secousse de shunt* (*C. R. Soc. Biologie*, 96, 1927, p. 313).

les préparations fraîches, de plusieurs dizaines de secondes pour les préparations vieillies.



Fe : Secousse à la fermeture du circuit d'excitation. — Shunt : Secousse à la fermeture d'un court circuit entre les deux électrodes excitatrices. — La force électromotrice d'excitation a été prise pour l'un et l'autre graphique légèrement supérieure au voltage liminaire de fermeture.

Nous donnons ci-dessus un tableau des voltages liminaires et un graphique des secousses pour les divers modes d'excitation.

GRENOUILLE VERTE (Résistance série 50000^{ohms}).

Courant descendant.

Seuil de fermeture	$0^{volt},9$
Seuil par shunt	$0^{volt},4$

Courant ascendant.

Seuil de fermeture	$1^{volt},1$
Seuil par shunt	$0^{volt},6$

THÉRAPEUTIQUE. — *Des injections d'autolysats cancéreux dans le traitement des cancers.* Note de M. **Joseph Thomas**, présentée par M. Charles Richet.

I. *L'étude du cancer expérimental* faite sur les souris nous a appris : *a.* qu'une première greffe de tumeur peut rendre l'animal réfractaire à une greffe ultérieure; *b.* que l'immunité conférée n'est pas spécifique, c'est-à-dire que la forme histologique de la greffe préparatoire est indifférente; *c.* que l'immunité peut être obtenue, dans quelques conditions, par les greffes d'une tumeur irradiée après ablation, par les injections d'albumines cancéreuses bouillies, de sang normal, de produits de broyage d'embryons, de tissus de certaines glandes endocrines, de cellules de foie et surtout de cellules de rate.

D'autre part, quoiqu'il n'y ait pas identité entre le cancer expérimental des souris et le cancer humain, *la clinique humaine* nous a appris : *a.* qu'il n'existe qu'un nombre de cas restreint où l'on constate, chez un même individu, l'existence de cancers histologiquement différents, dérivant chacun du tissu propre de l'organe dans lequel il s'est développé, de sorte que chaque cancer donne lieu à des métastases qui lui sont propres; *b.* qu'au début, la tumeur primitive est généralement unique, que les métastases ne se produisent qu'ultérieurement et se mettent souvent à proliférer dès que la tumeur primitive est enlevée; *c.* que, dans certains cas extrêmement rares sans doute, une guérison spontanée du cancer a pu se produire; *d.* que certaines maladies infectieuses : variole, érysipèle, peuvent suspendre, pour un temps, l'évolution du néoplasme; *e.* enfin, à un point de vue plus général, qu'il est possible de prévenir et même de guérir certaines maladies, comme la variole et la rage, sans connaître l'agent de la dite maladie.

II. La sérothérapie anti-cancéreuse, dont Charles Richet fut le promoteur en 1895 [1], a donné, à maintes reprises, sinon une guérison complète, tout au moins une amélioration de l'état général et une rétrocession telles qu'une opération a pu être pratiquée ultérieurement. Résultats fugaces, certes; mais à quel stade d'évolution se trouvaient les cancers ainsi traités? Le reproche de non-spécificité est sans valeur, puisque Calmette a démontré que le sérum des animaux immunisés par inoculations progres-

(1) *Comptes rendus*, 120, 1895, p. 948-950.

sives de petites quantités de venins était antitoxique et thérapeutique, non seulement contre le venin particulier qui avait servi à immuniser l'animal, mais encore contre le venin d'autres espèces. L'exemple est typique, les venins étant des poisons d'origine épithéliale.

III. A la suite d'un accident assez sérieux d'anaphylaxie survenu après plusieurs injections de sérum antinéoplasique, dans un cas de tumeur maligne du sein, et malgré une amélioration générale et locale manifeste, j'ai renoncé à la sérothérapie et j'ai eu recours aux injections de *produits d'autolysats cancéreux* (1) préparés selon une technique que j'ai indiquée ailleurs (2).

Voici ce qu'une observation déjà longue m'a appris :

a. Il n'existe pas de spécificité quant à la nature histologique et à l'origine du tissu utilisé, de sorte que, pratiquement, il est aisé d'employer des vaccins préparés d'avance; *b*. les produits préparés avec du tissu cancéreux datant d'au moins 3 mois sont plus efficaces que ceux qui sont préparés avec le même tissu fraîchement recueilli; *c*. les malades encore gras et corpulents sont moins favorablement influencés que les malades maigres; *d*. l'optimum des résultats est obtenu chez les sujets neufs, c'est-à-dire opérés ou non, mais n'ayant pas été soumis à l'action des rayons X; *e*. des injections sous-cutanées pratiquées dans des régions même éloignées du siège du néoplasme, dans des cas de cancers de la peau, de la langue, de l'œsophage, de l'estomac, du sein, de l'utérus, déterminent le plus souvent l'atténuation et même la cessation des douleurs, la diminution de volume de la tumeur principale et des adénopathies, la disparition de la fétidité des écoulements, l'augmentation du poids corporel avec relèvement de l'état général.

Les phénomènes se maintiennent ainsi plusieurs mois : un cancer de la langue depuis 16 mois, un cancer de l'estomac depuis 3 ans, des cancers cutanés depuis plusieurs années. Ces observations seront publiées.

IV. Cette amélioration des tumeurs cancéreuses après injections d'autolysats cancéreux est si évidente que je proposerais au chirurgien qui a enlevé un néoplasme, de faire suivre son intervention d'injections de tissus autolysés, ce qui évitera peut-être une récidive.

---

(1) Il va de soi que ces autolysats, qui ont été traités par l'iode, ne contiennent plus de cellules *vivantes;* par conséquent nulle greffe n'est à craindre.

(2) JOSEPH THOMAS. *Le mode d'action des vaccins anti-néoplasiques.* (*Les Néoplasmes*, 2, 1923, 52).

Qui sait même si ces injections, lesquelles sont, d'ailleurs, très-bien supportées et ne donnent lieu à aucun accident local ou général, ne prémuniraient pas les sujets normaux contre l'apparition éventuelle d'un cancer? Si je pouvais citer mon propre exemple, je dirais que, quoique n'étant nullement atteint de cancer, je n'ai pas hésité à me faire cette vaccination préventive.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en gaz carbonique total du sang des Invertébrés d'eau douce et des Invertébrés marins.* Note [1] de MM. **Marcel Duval** et **P. Portier**, présentée par M. Joubin.

La teneur en gaz carbonique du sang des Mammifères a été l'objet d'un grand nombre de recherches. On sait que cette teneur exprime, à quelques centièmes près, par excès, la réserve alcaline telle qu'on la définit habituellement, à savoir : le nombre de centimètres cubes de CO^2 *combiné* contenu dans 100^{cm^3} de sang. Comme la réaction du sang est presque toujours alcaline, il en résulte que la presque totalité du gaz carbonique s'y trouve à l'état de bicarbonate, la portion de CO^2 libre ne représentant que quelques pour cent du CO^2 total (environ 5 pour 100 chez l'homme où le pH du sang $= 7,4$ et 2 pour 100 environ chez les Invertébrés dont le pH $= 7,8$). Aussi quand on ne désire pas une mesure rigoureuse de la réserve alcaline du sang, on peut se contenter de confondre celle-ci avec la teneur en gaz carbonique total.

Les Invertébrés ont été beaucoup moins bien étudiés à ce point de vue que les Mammifères. Collip [2] et Parsons (T. R. et W.) [3] ont fait des recherches sur le CO^2 existant dans le sang des animaux marins.

Les résultats de ces auteurs montrent que la teneur en CO^2 du sang des Invertébrés marins est très inférieure à celle des Vertébrés supérieurs, l'homme en particulier. C'est ainsi que le sang des Crustacés et des Céphalopodes ne contient que deux à trois fois plus de gaz carbonique que l'eau de mer (donc 10 à 15^{cm^3} de CO^2 pour 100^{cm^3} de sang) alors que le sang des

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

(2) Collip, *The alkali reserve of marine fish and invertebrates* (*Journ. Biol. Chem.*, 44, 1920, p. 329-344).

(3) Parsons (T. R. et W.), *Observations on the transport of Carbon dioxide in the blood of some marine Invertebrates* (*Journ. of gener. Physiol.*, 6, 1923, p. 153-166).

Invertébrés inférieurs (Acéphales, Échinodermes) en contient sensiblement autant que l'eau de mer (donc 5^{cm^3} pour 100^{cm^3} de sang).

Rappelons que 100^{cm^3} de sang humain dégagent normalement environ 60^{cm^3} de CO^2.

Il nous a paru intéressant de faire de semblables mesures de gaz carbonique dans le milieu intérieur des Invertébrés d'eau douce, mesures qui, à notre connaissance, n'ont jamais été effectuées. Des mesures faites sur des Invertébrés marins nous ont d'ailleurs permis de vérifier les conclusions des biologistes américains.

Nous avons utilisé la méthode de Haldane. Nos résultats expriment le nombre de centimètres cubes de CO^2 (à 0° et 76) dégagé par 100^{cm^3} de sang.

Invertébrés marins.

	cm^3 de CO^2 dans 100^{cm^3} de sang.
Crustacés.	
Palinurus vulgaris	13 à 17
Dromia vulgaris	12 à 14
Squilla mantis	5 à 7
Céphalopodes.	
Sepia officinalis	11 à 14
Échinodermes	
Stycopus regalis	5
Asterias glacialis	5 à 6
Strongilocentrotus lividus	5 à 8
Dorocidaris papillata	5

Invertébrés d'eau douce.

	cm^3 de CO^2 dans 100^{cm^3} de sang.
Crustacés.	
Astacus fluviatilis	28 à 35
Telphusa fluviatilis [1]	21,5 à 24,5
Gastéropodes.	
Lymnea stagnalis	40 à 62
Planorbis corneus	55 à 62
Acéphales.	
Anodonta cygnea	29 à 31

Il ressort immédiatement de ces mesures, que le sang des Invertébrés d'eau douce est beaucoup plus riche en gaz carbonique que celui des Invertébrés marins.

Par exemple chez les Acéphales marins la teneur en CO^2 du sang est de 5^{cm^3} pour 100^{cm^3} de sang environ (d'après Collip et Parsons). Chez l'Anodonte elle atteint 31.

---

(1) Ces Telphuses proviennent du Tibre. Elles nous ont été obligeamment fournies par le Professeur Raffaele de Rome.

On trouve jusqu'à 62$^{cm^3}$ de CO^2 dans le sang de la Lymnée et du Planorbe, soit autant que chez l'Homme et quatre fois plus que chez les Céphalopodes.

Pareillement le sang de l'Ecrevisse transporte deux fois plus de gaz carbonique que celui de la Langouste et autres Crustacés marins.

La raison de cette différence entre les Invertébrés d'eau douce et les Invertébrés marins nous est inconnue pour le moment. Disons simplement qu'elle ne paraît pas en rapport avec une différence de teneur en CO^2 de l'eau de mer et de l'eau douce. Toutes deux renferment en effet à peu près la même quantité (eau de mer, 5$^{cm^3}$ et eau douce 7$^{cm^3}$ pour 100).

Nous avons enfin mesuré la teneur en CO^2 du sang de deux Gastéropodes terrestres, *Helix pomatia* et *Helix aspersa*. Nous l'avons également trouvée très élevée, de 45 à 60$^{cm^3}$ de CO^2, teneur analogue à celle des Gastéropodes pulmonés d'eau douce. Ce résultat explique bien la très grande résistance à l'acidification du sang de l'Escargot, signalée récemment par Pantin et Hogben (1).

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Identification de l'acide allantoïque dans les feuilles de l'*Acer pseudoplatanus. Note de MM. **R. Fosse** et **A. Hieulle**, transmise par M. E. Roux.

I. Du légume vert de *Phaseolus*, l'un de nous a isolé et identifié, sous la forme de leurs dérivés xanthylés : l'*allantoïne*, dont la présence dans ce végétal était inconnue, et un autre uréide très voisin, insoupçonné chez les êtres vivants, l'*acide allantoïque* (2) :

$$\begin{matrix} NH^2.CO.NH \\ NH^2.CO.NH \end{matrix} \Big> CH.COOH.$$

L'analyse quantitative identifie le précipité xanthylé du haricot, recristallisé dans la pyridine, au produit de condensation de l'acide allantoïque

(1) Pantin et Hogben, *A colorimetric method for studying the dissociation of Oxyhœmocyanin. Journ. Marine Biol. Assoc.* 13, 1925, p. 970-980.

(2) R. Fosse, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 175 et 869; 183, 1926, p. 1114.

et du xanthydrol :

$$\begin{array}{l} O\left\langle\begin{array}{l}C^6H^4\\C^6H^4\end{array}\right\rangle CH.OH + H.NH.CO.NH \\ O\left\langle\begin{array}{l}C^6H^4\\C^5H^4\end{array}\right\rangle CH.OH + H.NH.CO.NH \end{array}\Big\rangle CH.COOH$$

$$\xrightarrow{-2H^2O} \begin{array}{l} O\left\langle\begin{array}{l}C^6H^4\\C^6H^4\end{array}\right\rangle CH.NH.CO.NH \\ O\left\langle\begin{array}{l}C^6H^4\\C^6H^4\end{array}\right\rangle CH.NH.CO.NH \end{array}\Big\rangle CH.COOH$$

Mais cet acide dixanthyl-allantoïque ne se forme pas seulement aux dépens de l'acide allantoïque, il apparaît aussi, par simple cristallisation dans la pyridine du composé xanthylé, d'un uréide de la même famille, l'acide uroxanique :

$$\begin{array}{l}NH^2.CO.NH\\NH^2.CO.NH\end{array}\Big\rangle C \Big\langle\begin{array}{l}COOH\\COOH\end{array}$$

Dès lors se pose nécessairement la qnestion suivante :

L'acide dixanthyl-allantoïque, obtenu à l'analyse après cristallisation dans la pyridine, ne provient-il pas de la décarboxylation par le dissolvant de l'acide xanthyl-uroxanique?

La présence réelle de l'acide allantoïque dans le suc de *Phaseolus* a pu être établie par la différenciation des acides allantoïque et uroxanique xanthylés *bruts*, basés sur : 1° leur rupture moléculaire en sel de pyryle et uréide; 2° la propriété que possède l'acide uroxanique de former un sel de plomb cristallisé, très peu soluble, caractéristique.

2. Par cette méthode, combinée à l'analyse quantitative élémentaire, nous nous proposons de démontrer que les feuilles vertes de l'*acer pseudoplatanus* contiennent aussi l'acide allantoïque.

Des feuilles d'*acer pseudoplatanus* (époque de la récolte : 25 mai 1927) broyées, soumises à la presse, laissent un résidu que l'on délaye dans l'eau et presse à nouveau. L'opération est répétée de manière à obtenir 1^l de liquide pour 1^{kg} de feuilles fraîches. Le produit, trouble et verdâtre, préalablement refroidi, déféqué par l'acétate d'urane, filtré à la glacière, est versé dans un cinquième de son volume d'acide acétique contenant $\frac{1}{200}$ de xanthydrol. Après une nuit à la glacière. le précipité ($1^g,2$ pour 900^{cm^3} de suc déféqué) est essoré, lavé et séché vers 50°.

Rupture moléculaire du précipité xanthylé brut. — La matière, très finement pulvérisée ($0^g,1$), contenue dans un tube Pyrex à centrifuger de 20^{cm^3}, placé dans un mélange de glace et de sel, additionnée d'éther anhydre (2^{cm^3}),

est triturée avec de l'alcool absolu, saturé de gaz chlorhydrique sec (40 gouttes). Après 2-3 minutes, le mélange délayé dans de l'éther absolu refroidi (15^{cm^3}), est centrifugé. On lave ainsi le résidu avec de l'éther jusqu'à ce que ce dernier ne trouble plus le nitrate d'argent.

Recherche de l'acide uroxanique. — Le filtrat, provenant de l'action de l'eau glacée ($3\text{-}4^{cm^3}$) sur le résidu de la centrifugation, additionné d'une solution à 30 pour 100 d'acétate neutre de plomb (2 gouttes) reste limpide, tandis que le produit résultant de l'hydrolyse, dans les mêmes conditions de 2^{cg} d'acide xanthyl-uroxanique donne naissance à des cristaux brillants argentés d'uroxanate de plomb. La liqueur plombique limpide, provenant de l'hydrolyse du précipité xanthylé de l'Acer, privé de plomb par l'hydrogène sulfuré et de ce gaz par chauffage, donne avec intensité la réaction colorée glyoxylique, que nous avons fait connaître ([1]), et de l'urée, précipitable par le xanthydrol.

Transformation du composé xanthylé brut en acide dixanthyl-allantoïque, pur à l'analyse. — La matière ($0^g,2$) triturée dans un tube à centrifuger avec de la pyridine, colore ce solvant en rouge vineux, elle augmente de volume en prenant l'aspect de l'hydrate d'alumine. Après plusieurs lavages et centrifugations, le dépôt blanc est dissous dans la pyridine au voisinage de l'ébullition. La solution, filtrée, aussi chaude que possible, à la trompe, cristallise aussitôt.

Analyse de la substance après lavage à l'alcool et dessiccation, plusieurs heures, à 110° :

Micro-Dumas, d'après F. Pregl : N pour 100 trouvé, 10,44; théorie, 10,44.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les variations de l'excitabilité corticale, en rapport avec l'excitabilité pneumogastrique, l'appareil thyroïdien et l'activité musculaire.* Note ([2]) de MM. **H. Cardot, J. Régnier, D. Santenoise** et **P. Varé.**

I. Dans une série d'expériences sur le chien trépané, nous avons étudié l'excitabilité du gyrus sigmoïde (centre des mouvements d'extension de la patte antérieure) et précisé ses variations par la mesure de la chronaxie.

La chronaxie corticale présente d'un animal à l'autre des variations fort

---

([1]) R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 637.

([2]) Séance du 11 avril 1927.

amples (de 0,1 à 1,5 millième de seconde), et chez un même individu également, elle est susceptible de varier très notablement à la suite de différentes interventions expérimentales.

II. *Une liaison étroite s'indique entre l'excitabilité corticale et l'excitabilité des centres pneumogastriques*, d'après les faits suivants :

A. Chez les divers individus, la valeur de la chronaxie du gyrus sigmoïde est en rapport étroit avec l'excitabilité des centres pneumogastriques. Les chiens très vagotoniques, caractérisés par un rythme cardiaque lent, une arythmie cardiaque respiratoire marquée et un réflexe oculo-cardiaque très positif, ont de petites chronaxies corticales. Au contraire, ceux qui sont hypovagotoniques (absence de réflexe oculo-cardiaque) ont de fortes chronaxies.

B. Des substances capables de modifier l'excitabilité pneumogastrique quand elles sont injectées dans les veines, déterminent une modification correspondante de l'excitabilité corticale : élévation de la chronaxie par l'atropine, diminution par l'ésérine.

III. La section des deux nerfs pneumogastriques au niveau du trou déchiré postérieur au-dessus du ganglion plexiforme entraîne une élévation de la chronaxie du gyrus.

La section basse des deux pneumogastriques est au contraire sans influence sur la chronaxie.

La section totale des nerfs émanés des pneumogastriques et fournissant des filets nerveux à l'appareil thyroïdien agit comme la section haute des pneumogastriques et provoque une augmentation notable de la chronaxie corticale.

Au contraire l'excitation électrique du bout périphérique des filets thyroïdiens sectionnés provoque une très forte mais passagère diminution de la chronaxie.

Ainsi *l'appareil thyroïdien paraît se présenter comme un chaînon intermédiaire dans la relation indiquée entre l'excitabilité corticale et l'excitabilité pneumogastrique*.

IV. Un autre facteur, en rapport avec l'activité musculaire, peut aussi, indépendamment du mécanisme précédent, intervenir pour faire varier la chronaxie corticale.

Lorsqu'on refroidit l'animal et qu'on provoque ainsi le frisson, on observe pour une longue période un abaissement de la chronaxie corticale, et ceci, que les appareils pneumogastrique et thyroïdien soient ou non

intacts. Des contractions tétaniques provoquées dans le train postérieur par excitation des sciatiques, exercent le même effet que le frisson.

V. *Nos recherches mettent donc en lumière d'une façon précise deux facteurs importants et indépendants pouvant intervenir pour modifier l'excitabilité corticale.*

Ces deux facteurs apparaissent bien lorsqu'on analyse avec soin le *mécanisme d'action de l'ésérine.*

A. A la dose de $0^{mg},05$ par kilogramme, le salicylate d'ésérine par voie intraveineuse détermine chez l'animal dont les pneumogastriques et l'innervation thyroïdienne sont intacts, une forte diminution de la chronaxie du gyrus.

B. A la même dose sur l'animal ayant subi une double vagotomie haute ou une section totale des filets thyroïdiens, on n'observe aucune variation de chronaxie.

C. Une dose trois fois plus forte diminue la chronaxie du gyrus, même après double vagotomie haute ou section totale des filets thyroïdiens. Mais cette dose forte détermine toujours chez l'animal de fortes trémulations musculaires.

Il nous paraît donc que, *par l'administration de doses croissantes d'ésérine, on peut successivement mettre en jeu les deux facteurs que nous avons mentionnés : facteur pneumogastrique et thyroïdien avec les doses faibles, facteur musculaire avec les doses fortes.*

Conclusions. — La chronaxie du gyrus sigmoïde chez le chien peut présenter de très amples variations en rapport d'une part avec les pneumogastriques et l'appareil thyroïdien, d'autre part avec l'appareil musculaire.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur les propriétés hypoglycémiantes du sulfate de galégine.* Note [2] de MM. **H. Simonnet** et **G. Tanret**, présentée par M. A. Desgrez.

Les travaux de Watanabe (1918) et de Frank (1926) ayant montré que la guanidine et certains de ses dérivés sont susceptibles d'abaisser chez l'animal le taux du sucre sanguin, nous venons de rechercher si l'alcaloïde isolé par l'un de nous des graines de *Galega officinalis*, la galégine, ne possède pas de semblables propriétés hypoglycémiantes. C'est, on le sait,

---

[1] Séance du 13 juin 1927.

la guanidine d'un dérivé éthylénique de l'isoamylamine :

$$NH = C\begin{matrix}\diagup NH^2 \\ \diagdown NH - CH^2 - CH^2 - C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown\!\diagdown CH^2\end{matrix}\end{matrix}$$

(G. Tanret, 1914; Barger, 1923; Späth, 1924) (¹).

Nos expériences, une centaine environ, ont porté sur le lapin et sur le chien.

I. Lapin : *Voie sous-cutanée.* — A partir de la dose de 7^{cg} par kilogramme, le sulfate de galégine déclenche des phénomènes toxiques qui, pour la dose de 10^{cg}, entraînent la mort dans la moitié des cas. L'animal est pris brusquement de convulsions cloniques (rappelant les crises provoquées par l'insuline) : la paralysie s'établit rapidement, atteint le diaphragme et amène l'asphyxie.

En même temps, on constate un trouble profond de la glycémie. La plupart du temps, et lorsqu'on opère sur des lapins pris au hasard et sans précautions spéciales, il s'agit d'une hypoglycémie : elle peut devenir considérable, tomber au tiers de sa valeur primitive et même plus bas. C'est en général à partir d'une diminution de 60 pour 100 de la glycémie initiale qu'éclatent les crises convulsives, presque toujours mortelles et que parfois on peut enrayer par l'injection massive de glucose.

Glycémies (grammes pour 1000).

Doses.	0^h.	1^h.	1^h30^m.	2^h.	3^h.	4^h.	6^h.	Observations.
5^{cg}.......	0,915	0,775	0,680	0,725	1,100	1,265	–	...
7,5.....	1,525	–	–	0,500	0,445	0,345	1,300	crises : survie
	1,045	–	0,260	–	–	–	–	mort à 1^h30^m
	0,990	–	–	0,325	–	–	–	mort à 2^h
8.......	1,230	1,050	0,800	0,830	0,885	–	2,320	–
10.......	0,900	–	–	0,390	–	–	–	mort à 2^h

Dans un quart des cas, au contraire, l'hypoglycémie est précédée, ou suivie, ou remplacée, par une poussée d'hyperglycémie qui peut parfois faire monter le sucre à 2 ou 3 fois sa valeur initiale. Le lapin ainsi hyperglycémié résiste bien à l'intoxication de la galégine.

(¹) La formule $NH = C\begin{matrix}\diagup NH^2 \\ \diagdown NH - CH^2 - CH = C\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3\end{matrix}\end{matrix}$ est également vraisemblable.

Glycémies (grammes pour 1000).

Doses.	0^h.	1^h.	1^h30^m.	2^h.	4^h.	6^h.
6^{cg}	1,135	–	–	1,820	1,670	1,100
8..........	1,470	4,200	3,960	1,710	1,170	–
10..........	1,305	–	–	2,240	2,540	–

Le sens du déséquilibre sanguin — et Watanabe a déjà rencontré une hyperglycémie inconstante avec la guanidine — paraît conditionné par l'état des réserves glycogéniques de l'animal : celles-ci sont-elles normales ou faibles, la galégine amène l'hypoglycémie : sont-elles surabondantes, c'est l'hyperglycémie qu'elle provoque. A cet égard, l'expérience suivante est suggestive. De deux lapins, l'un est soumis à un jeûne de cinq jours (paille hachée); l'autre est suralimenté (féculents). On injecte alors à chacun 8^{cg} par kilogramme de sulfate de galégine. Le premier fait de l'hypoglycémie;le second, de l'hyperglycémie. On continue l'expérience en la renversant. Le lapin inanitié est suralimenté pendant cinq jours et fait de l'hyperglycémie pour une nouvelle dose de 8^{cg}; le lapin suralimenté est mis au régime de la paille hachée et, au bout de cinq jours, fait pour la même dose de galégine une crise mortelle d'hypoglycémie.

Voie buccale. — Un peu moins toxique que par la voie sous-cutanée, la galégine amène, *per os*, l'hypoglycémie qui, si elle est trop forte, entraîne les crises mortelles. L'hyperglycémie est plus rare que précédemment.

II. Chien. — La galégineen injection sous-cutanée s'est montrée particulièrement toxique chez le chien, cinq fois plus que chez le lapin : à partir de $1^{cg},5$ par kilogramme, il succombe en une heure ou deux avec des troubles gastro-intestinaux constants : vomissements, évacuations muco-sanguinolentes, et une paralysie rapide et totale. La toxicité est sensiblement égale par voie buccale. Dans presque tous les cas, l'hypoglycémie n'a pas eu le temps de s'établir, la dose hypoglycémiante et la dose mortelle étant extrêmement voisines. Ce n'est qu'exceptionnellement que nous avons pu la saisir. Le chien peut du reste mourir en hyperglycémie.

Cette grande toxicité ne nous a pas permis jusqu'à présent d'étudier fructueusement le chien dépancréaté comme il eût été désirable.

En résumé, la galégine offre le premier exemple d'un alcaloïde végétal, cristallisé. de constitution connue, qui, par voie sous-cutanée ou par voie buccale, amène la rupture d'équilibre du sucre sanguin et provoque l'hypoglycémie. Son maniement chez l'animal (et en particulier chez le chien) est rendu assez délicat par la faible marge qui existe entre la dose hypoglycémiante et la dose mortelle.

BACTÉRIOLOGIE. — *Agglutinabilité acquise au contact des filtrats scarlatineux par les bactéries chauffées à 60°*. Note [1] de MM. **J. Cantacuzène** et **O. Bonciu**, présentée par M. Roux.

Des streptocoques non agglutinables par le sérum de convalescents de scarlatine acquièrent, vis-à-vis de ce sérum, l'agglutinabilité spécifique héréditairement transmissible après qu'on les a cultivés au contact de produits scarlatineux filtrés [2], [3], [4]. Diverses bactéries autres que les streptocoques sont, elles aussi, susceptibles d'acquérir au contact de ce même sérum l'agglutinabilité transmissible, aptitude variant avec l'espèce microbienne considérée et, pour une même espèce, avec la race [3], [5].

Nous nous sommes demandé si les mêmes bactéries tuées par la chaleur conservaient leur agglutinabilité ou étaient capables de l'acquérir au contact des produits scarlatineux alors qu'ils ne la possédaient pas au préalable.

Nos expériences nous ont prouvé qu'à ce point de vue les résultats obtenus diffèrent selon que l'on expérimente avec des streptocoques, ou bien avec des bactéries autres que les streptocoques, mais susceptibles d'acquérir l'agglutinabilité transmissible.

A. *Bactéries autres que les streptocoques*. — Nous avons employé pour ces expériences un bacille d'Eberth, un paratyphique A, un staphylocoque, un *Bacterium coli* et un méningocoque B. Leur agglutinabilité par sérum de convalescents de scarlatine était, avant tout entraînement par les filtrats, de $\frac{1}{20}$ pour le B. d'Eberth, $\frac{1}{10}$ pour le *B. coli* et le paratyphique A, de 0 pour le staphylocoque et le méningocoque. Après culture dans l'exsudat pharyngien scarlatineux filtré sur bougie L_3, leur agglutinabilité était devenue de $\frac{1}{4000}$ pour le staphylocoque, $\frac{1}{2000}$ pour le paratyphique A, $\frac{1}{200}$ pour le *Bacterium coli* et 0 pour le méningocoque.

Ces cultures, après avoir acquis l'agglutinabilité spécifique, furent chauffées à 60° pendant 2 heures, puis centrifugées et lavées deux fois avec la

(1) Séance du 23 mai 1927.
(2) J. Cantacuzène et O. Bonciu, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1185.
(3) R. Martin et Laffaille, *C. R. Soc. Biol.*, **95**, 1926, p. 284.
(4) Zoeller et Meersseman, *C. R. Soc. Biol.*, **96**, 1927, p. 760.
(5) J. Cantacuzène et O. Bonciu, *C. R. Soc Biol.*, **96**, 1927, p. 1443.

solution physiologique. Éprouvées au point de vue de l'agglutinabilité, elles l'avaient conservée intacte. Par conséquent :

Des bactéries, autres que les streptocoques, ayant acquis au contact de filtrats scarlatineux l'agglutinabilité spécifique vis-à-vis du sérum des convalescents, conservent cette agglutinabilité une fois tuées par le chauffage à 60°.

Si l'on tue par le chauffage à 60° les mêmes bactéries cultivées en bouillon *avant* d'ajouter à ce dernier le filtrat de scarlatineux, et que l'on ajoute ce filtrat à l'émulsion de bactéries préalablement tuées, on constate que, après un contact de 24 heures à 37° (suivi de centrifugation et de deux lavages successifs), ces bactéries ont acquis l'agglutinabilité spécifique vis-à-vis du sérum de convalescents (le sérum normal reste sans effet). C'est ainsi que le B. d'Eberth est devenu après ce traitement agglutinable à $\frac{1}{1000}$ et le paratyphique A à $\frac{1}{600}$. Le *B. coli* n'a acquis qu'une agglutinabilité très faible et le méningocoque une agglutinabilité nulle. On voit que l'agglutinabilité acquise de la sorte est incontestable mais moins prononcée cependant que pour les bactéries entraînées avant le chauffage. Par conséquent :

Des bactéries (autres que les streptocoques) susceptibles d'acquérir l'agglutinabilité spécifique lorsqu'on les cultive au contact de produits scarlatineux filtrés acquièrent cette agglutinabilité même lorsque, préalablement tuées par la chaleur à 60°, on les maintient pendant 24 heures au contact de ces filtrats.

Nous savons que l'agglutinabilité acquise de la sorte est transmissible héréditairement. Néanmoins cette agglutinabilité héréditaire ne se transmet pas aux cultures chauffées, si bien que : *une espèce microbienne qui a acquis l'agglutinabilité par culture dans un filtrat scarlatineux, puis repiquée sur gélose, garde son agglutinabilité tant qu'elle est vivante et la perd quand on la chauffe à 60°.*

B. *Lorsqu'il s'agit de streptocoques*, le chauffage à 60° a des conséquences toutes différentes de celles que nous venons d'indiquer. En effet, nous n'avons jamais réussi à conserver aux streptocoques tués par la chaleur l'agglutinabilité acquise pendant leur vie. Jamais non plus nous n'avons pu conférer cette agglutinabilité à des streptocoques préalablement tués puis immergés dans nos filtrats. Il y a là, au point de vue qui nous occupe, un trait qui différencie nettement les streptocoques des autres espèces bactériennes sur lesquelles nous avons expérimenté.

L'on voit par là que l'élément inconnu contenu dans les filtrats de scarlatine et qui, une fois fixé sur un substratum bactérien, confère à ces bactéries

l'agglutinabilité spécifique et transmissible, peut être adsorbé même par des bactéries tuées; fixé sur des bactéries vivantes, il leur assure l'agglutinabilité même après chauffage. Cette faculté d'adsorption est chez les bactéries fonction de leur structure ou de leur état physico-chimique; elle varie par conséquent avec les bactéries considérées. Parmi celles-ci les streptocoques qui, vivants, présentent cette faculté au plus haut degré, la perdent dès qu'ils sont chauffés un peu au-dessus de 60°.

A partir de quelle température l'agglutinabilité acquise par les bactéries est-elle abolie? En ce qui concerne les streptocoques, le chauffage à 40° ne semble pas avoir d'action appréciable; à 50° une certaine tendance à l'atténuation de l'agglutinabilité se fait sentir; le chauffage à 60° abolit l'agglutinabilité chez plus de la moitié des individus bactériens : 40 pour 100 environ conservent encore une agglutinabilité diminuée. Enfin l'agglutinabilité a disparu complètement par le chauffage à 65°. Il en est de même pour les streptocoques agglutinables isolés dans la gorge des scarlatineux.

On a vu plus haut que l'agglutinabilité des bactéries autres que les streptocoques persistait intacte après chauffage à 60°.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le métabolisme énergétique (le métabolisme de sommet et le métabolisme de base) au cours de la tuberculose expérimentale.* Note [1] de M. **X. Chahovitch** et Mlle **Vichnjitch**, présentée par M. Henneguy.

La recherche de la valeur de l'intensité du métabolisme de sommet dans les états pathologiques a un intérêt tout particulier. Elle nous montre l'état de la fonction importante qu'est l'accommodation de la thermogénèse, fonction des plus facilement déréglable dans les états pathologiques, ainsi que l'un de nous l'a déjà montré (Chahovitch). Continuant ces recherches, nous avons été amenés à étudier la marche de l'intensité du métabolisme de sommet au cours de la tuberculose expérimentale. Nos recherches ont porté sur des Cobayes. Nous avons employé des cultures du bacille tuberculeux sur milieu solide, de provenance humaine.

D'une part, nous avons étudié la marche de l'intensité du métabolisme de sommet, et parallèlement celle du métabolisme de base, question sur laquelle l'accord n'est pas encore fait. En effet, certains auteurs, Grafe

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

en tête, soutiennent que l'infection tuberculeuse peut amener par elle-même, en l'absence de tout processus fébrile, une augmentation de la production de chaleur. D'autres auteurs par contre pensent qu'on n'observe d'augmentation de l'intensité du métabolisme de base que si la température présente une élévation d'un demi-degré à un degré à certains moments de la journée, même si elle est normale le matin à jeun au moment où l'on procède à la détermination du métabolisme de base.

Nous avons infecté nos animaux par la voie péritonéale. Nous faisions des mesures de l'intensité du métabolisme énergétique en suivant l'évolution de la tuberculose expérimentale. Voici nos expériences :

	Métabolisme de sommet.	Métabolisme de base.	Quotient métabolique.	Températ. corporelle.
Cobaye I, poids 430g.				
	cal.-kg H			
Avant l'infection	17,64	4,10	4,3	39
6 jours après l'infection	10,97	2,94	3,7	37,2
20 jours après	10,34	3,96	2,6	40
33 jours après	10,19	3,52	2,9	39,2
40 jours après	13,72	4,31	3,1	39,4
Une nouvelle injection :				
9 jours après	–	4,21	–	38
12 jours après	6,86	4,55	1,5	38,8
14 jours après, l'animal est mort. L'autopsie : tuberculose expérimentale typique.				
Cobaye II, poids 250g.				
Avant l'infection	16,66	4,06	4,1	39,4
7 jours après l'injection	16,17	4,16	3,8	39,4
12 jours après	13,96	4,63	3,0	39,8
15 jours après	12,74	5,53	2,3	39,4
18 jours après	9,16	4,90	1,9	40,2
23 jours après, l'animal est mort. L'autopsie : tuberculose expérimentale typique.				
Cobaye III, poids 250g.				
Avant l'infection	18,42	4,16	4,4	38,2
6 jours après l'injection	12,74	4,06	3,1	38,2
14 jours après	12,74	4,41	2,9	40,5
17 jours après, l'animal est mort. L'autopsie : tuberculose expérimentale typique.				

Ces expériences montrent qu'il y a une diminution notable de l'intensité du métabolisme de sommet au cours de la tuberculose expérimentale du Cobaye. Cette diminution de l'intensité du métabolisme de sommet peut se

manifester déjà quelques jours après l'infection. Elle nous montre d'une façon nette l'existence d'un trouble profond de la thermorégulation chez les tuberculeux. L'analyse des mesures de l'intensité du métabolisme de base indiquent la possibilité d'une augmentation de l'intensité du métabolisme de base en l'absence de toute élévation de température corporelle. Cette constatation est en accord avec l'opinion soutenue par Grafe que l'infection tuberculeuse peut amener par elle-même, en l'absence de tout processus fébrile, une augmentation de la production de chaleur. En outre, nous avons constaté, dans nos expériences, d'une façon générale, une diminution de l'intensité du métabolisme de base quelques jours après l'injection de bacilles tuberculeux.

Donc, de ces expériences il résulte qu'il existe une diminution du pouvoir d'accommodation de la thermogénèse au cours de la tuberculose expérimentale du Cobaye. Cette modification est produite surtout par la diminution de l'intensité du métabolisme de sommet. L'intensité du métabolisme de base peut être augmentée en l'absence de toute élévation de température corporelle.

A $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 13 juin 1927).

Page 1394, dernière ligne, *au lieu de* Paul Fatou, *lire* Pierre Fatou.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1927.

Lezioni di meccanica razionale, par Tullio Levi-Civita et Ugo Amaldi. Volume II. Bologna, Nicola Zanichelli, 1927; 1 vol. 24cm.

Introduction to the History of Science. Volume I, by George Sarton. Washington, Carnegie Institution, 1927; 1 vol. 26cm.

A further contribution to the study of the phenomena of intertraction, in *Proceedings of the Royal Society*, by Sir Almroth E. Wright. London, *Proceed. of the Royal Society*, A, vol. 114, 1927; 1 fasc. 25cm,5.

Les transformations birationnelles du plan, in *Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XXII, 1927, par Lucien Godeaux; Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927; 1 fasc. 25cm.

Faune de France. 15 : *Diptères (Nématocères) Chironomidæ Tanypodinæ*, par M. Gœtghebuer. Paris, Paul Lechevalier, 1927; 1 fasc. 25cm,5. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

Recherches sur la tératologie des insectes, par P. Cappe de Baillon. Paris, Paul Lechevalier, 1927; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

L'Elephas antiquus nell' Italia meridionale, par G. de Lorenzo et G. d'Erasmo. Napoli, Unione tipografica combattenti, 1927; 1 vol. 36cm.

Metodo racional para el calculo de perfiles de los Diques de mamposteria a gravedad, par Fernando Sánchez Sarmiento. Buenos-Aires, Tomás Palumbo, 1925; 1 vol. 27cm.

Scientific Japan. Past and Present, prepared in connection with the Third Pan-Pacific Science Congress. Tokio, 1926; 1 vol. 22cm,5.

Souvenir of the Thid Pan-Pacific Science Congress. Tokio, 1926; 1 fasc. 27cm,5.

Conseil international de recherches. Union géodésique et géophysique internationale. Section de séismologie. Publications du Bureau central séismologique international. Série A, fasc. 4 : *État actuel des instruments séismologiques*. Paris, Presses universitaires de France, 1927; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Lallemand.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JUIN 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret en date du 23 juin 1927, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Charles Fabry** pour occuper, dans la Section de Physique générale, la place vacante par le décès de M. *Daniel Berthelot*.

Il est donné lecture de ce décret

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Charles Fabry** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Alexis Carrel**, Correspondant pour la Section de Médecine et de Chirurgie, qui assiste à la séance.

GÉODÉSIE. — *Champ de gravitation extérieur et densités dans la couche superficielle du globe. La question de l'Isostasie.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. J'ai donné dans une précédente Note (¹) la formule générale qui lie les densités internes du globe, supposé sphérique, au potentiel et à la gravitation sur la surface; cette formule contient une fonction arbitraire inévitable. Dans la présente Note je vais donner une formule, un peu plus déterminée, en mettant en œuvre quelques hypothèses habituellement employées dans ce genre de questions.

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 987.

Surface. — La réduction de la pesanteur à la surface sphérique de référence a exigé une certaine connaissance de la distribution des densités dans le relief extérieur à la sphère; on doit donc s'imposer le long de la surface de cette sphère la distribution de densités $\rho_S(\theta, L)$ déjà admise

$$\left(\theta = \frac{\pi}{2} - \lambda = \text{colatitude}, \ L = \text{longitude}\right).$$

Profondeur. — Au-dessous d'une profondeur relativement faible H (100 ou 200^{km}), ($r < R - H$), je suppose que règne un état d'équilibre hydrostatique isotrope; les surfaces de niveau sont supposées sphériques concentriques; ce sont aussi des surfaces d'égale pression, et d'égale densité (mais pas nécessairement de même matière, pourvu que la densité soit la même). Je m'imposerai donc la condition que, à une profondeur H, le potentiel prenne la valeur constante V_1 et la densité la valeur constante ρ_1.

2. On trouve facilement que ces conditions imposent au potentiel la forme

$$\begin{aligned}
V = {} & V_S + g_S(R - r) + \frac{(R-r)^2}{R} g_S - \frac{1}{2}\left(\frac{R-r}{R}\right)^2 \delta V_S - 2\pi G \rho_S \\
& + \left(\frac{R-r}{H}\right)^3 \Bigg[V_1 - V_S + H\frac{R+H}{R} g_S - \frac{1}{2}\frac{H^2}{R^2}\delta V_S - H^2 2\pi G\rho_S \\
& \qquad + (r + H - R)\Bigg[g_S - g_1 + \frac{2H}{R} g_S - \frac{H}{R^2}\delta V_S - 4\pi G \rho_S \\
& \qquad\qquad + \frac{3}{H}\left(V_1 - V_S + H\frac{R+H}{R} g_S - \frac{1}{2}\frac{H^2}{R^2}\delta V_S - H^2 2\pi G \rho_S\right)\Bigg] \\
& \qquad + \frac{1}{2}(r + H - R)^2 \mathcal{W}''_H(\theta, L) \\
& \qquad + (r + H - R)^3 \Psi(r, \theta, L) \Bigg],
\end{aligned}$$

où $\mathcal{W}''_H$ est la fonction superficielle qui suit :

$$\begin{aligned}
\mathcal{W}''_H = {} & \frac{6}{H^2}\frac{2R - H}{R - H}(V_1 - V_S) - \frac{6}{H} g_1 + 6\,\frac{3R^2 + 2RH - 2H^2}{RH(R - H)} g_S \\
& - 4\pi G\rho_1 - \frac{6H - 11R}{R - H} 4\pi G \rho_S \\
& - \frac{12R^2 - 25RH + 12H^2}{R^2(R - H)^2}\delta V_S + \frac{H^2}{2R^2(R - H)^2}\delta\delta V_S \\
& - \frac{H}{R}\frac{R + H}{(R - H)^2}\delta g_S + \left(\frac{H}{R - H}\right)^2 2\pi G \delta\rho_S,
\end{aligned}$$

et $\Psi(r, \theta, L)$ est une fonction *arbitraire* finie dans toute la couche

R — H à R et aux surfaces limites

$$\delta = \frac{\partial^2}{\partial\theta^2} + \cot\theta \frac{\partial}{\partial\theta} + \frac{1}{\sin^2\theta} \frac{\partial^2}{\partial L^2}.$$

La densité ρ est alors donnée, dans toute l'épaisseur de la couche, par

$$-4\pi G\rho = \Delta V = \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\delta\right) V$$

et contient tous les termes déterminés par l'observation de V_S, g_S, ρ_S, et le choix arbitraire des constantes H, V_1, g_1, ρ_1, et en outre le terme arbitraire en tous sens (r, θ, L) :

$$\Delta\left[\left(\frac{R-r}{H}\right)^3 (r + H - R)^3 \Psi(r, \theta, L)\right];$$

il serait trop long d'en écrire le détail.

3. *Équilibre de la croûte.* — Jusqu'ici, je n'ai écrit que les conséquences de l'attraction universelle. En prenant des constantes pour V_1 g_1 ρ_1 à la profondeur H, j'ai supposé implicitement que la pression à cette profondeur est normale à la sphère, et uniforme. Il ne peut être question d'écrire rigoureusement cette condition d'équilibre mécanique sans connaître la constitution mécanique de la croûte. Les géologues et les géodésiens ont été conduits à supposer que cet équilibre est, au moins pour les aires de quelques mille kilomètres carrés, *quasi hydrostatique*, c'est-à-dire que les grandes régions de la croûte sont trop flexibles et fragiles pour être supportées par les tensions tangentielles le long de la paroi conique qui les découpe. Ces tensions tangentielles sont supposées ne jouer qu'un rôle insignifiant en comparaison de la pression normale p_1 du fond ($r = R - H$). C'est, en particulier, dans ce sens nettement mécanique que Dutton, en 1889, a introduit le mot *isostasie*, à défaut, dit-il, du mot meilleur *isobathie* déjà employé dans un autre sens (1).

Renvoyant à une autre publication la discussion mécanique détaillée, admettons que, dans le sens radial et pour l'épaisseur totale de la croûte depuis $r = R - H$, jusqu'à la surface libre $r = R + h(\theta, L)$, la condition d'équilibre hydrostatique est rigoureusement satisfaite :

$$\int_{R-H}^{R+h} \rho \frac{\partial V}{\partial r} dr \equiv \frac{-1}{4\pi G} \int_{R-H}^{R} \Delta V \frac{\partial V}{\partial r} dr + \int_{R}^{R+h} \rho \frac{\partial V}{\partial r} dr = -p_1,$$

(1) *Bulletin of the Phil. Soc. of Washington*, 40, 1889-1891, p. 53.

quels que soient θ et L. Dans la première intégrale figure le V, avec fonction arbitraire, formé au paragraphe précédent; dans la seconde ce sont les ρ extérieurs déjà choisis, et le V qui en résulte.

Cette condition, dont je n'ai pas la place de donner ici la discussion et les résultats, ne fait *pas disparaître la fonction arbitraire* Ψ; *elle en particularise seulement un peu la forme*.

LA CONDITION D'ISOSTASIE PEUT TOUJOURS ÊTRE SATISFAITE EN TOUTE RIGUEUR SANS FAIRE DISPARAITRE UNE LARGE INDÉTERMINATION DES DENSITÉS EN TOUS SENS.

On pourrait, sans rien changer à ce résultat qualitatif certain, substituer à cette condition mécanique, la condition pas tout à fait équivalente, d'uniformité des masses totales $\int r^2 \rho \, dr$, ou *toute autre* relative aussi à l'épaisseur totale de la croûte, ou même plusieurs conditions (compatibles) du même genre.

4. Contrairement à l'opinion constante, IL N'Y A DONC PAS DE QUESTION DE L'ISOSTASIE, SOLUBLE PAR LA GÉODÉSIE SEULE.

Physiquement, ces densités, largement arbitraires, qui satisfont rigoureusement aux observations superficielles, aux données profondes, et à l'isostasie, ne sont soumises qu'à une seule restriction. *Les densités* ρ *ne doivent être ni négatives ni très grandes* ($0 < \rho < 25$ par exemple). Mais une densité nulle est acceptable, c'est une cavité; de même une densité qui ne correspond à aucune substance pure connue indiquera un mélange. Les données superficielles V_S, g_S ne permettent évidemment pas de pousser l'analyse jusqu'au mètre cube et même au décamètre ou à l'hectomètre cubes.

IL EST THÉORIQUEMENT IMPOSSIBLE DE TIRER DES DONNÉES GÉODÉSIQUES, SI COMPLÈTES QU'ON LES SUPPOSE, UNE RÉPONSE A CETTE QUESTION : L'ÉQUILIBRE DE LA CROUTE EST-IL RIGOUREUSEMENT, A PEU PRÈS, OU PAS DU TOUT ISOSTATIQUE?

C'est une question qui déborde la puissance de la géodésie.

5. Que peut-on donc se demander? Seulement ceci : Parmi les distributions largement arbitraires de densités à travers la croûte, que la géodésie fait connaître comme satisfaisant rigoureusement à la condition d'isostasie, en est-il qui présentent des bizarreries, des alternances, des cavités, qui les rendent peu vraisemblables, ou que les géologues déclarent incompatibles avec ce que l'observation leur apprend?

S'il est impossible de choisir la fonction arbitraire de manière à obtenir une distribution acceptable par les géologues, on pourra conclure que l'isostasie n'est pas réalisée.

Mais, si l'on obtient un large choix de distributions isostatiques acceptables par le géologue, on ne pourra pas conclure que l'isostasie est réalisée dans la nature, mais seulement que cela est possible. Car, l'arbitraire disponible pour les distributions non isostatiques étant plus large que pour ces dernières, on trouvera facilement une infinité de distributions non isostatiques acceptables par le géologue.

Remarque. — L'allure de ces distributions variera avec le choix des constantes H, V_1, g_1, ρ_1. Notons seulement deux de ces allures possibles :

1° La courbe représentative des densités en profondeur a un seul point d'inflexion, à profondeur variable avec θ, L, avec augmentation rapide et considérable de la densité. Cette allure peut être représentée approximativement par l'hypothèse physique d'Airy.

2° La courbe présente deux points d'inflexion opposés, avec diminution nette de la densité dans l'intervalle, l'un des points étant toujours près du fond (R — H), et l'autre, près de la surface R. Cette allure peut être représentée approximativement par l'hypothèse de Pratt-Hayford.

Il serait intéressant de décrire et classer complètement les diverses allures que fournit la théorie générale.

GÉOLOGIE. — *Quelques épisodes de la formation des Pyrénées.* Note de M. **H. Douvillé.**

On sait que la mer avait abandonné la région avant la fin du Jurassique et qu'elle n'y est revenue qu'après le début du Crétacé. Dans cet intervalle la surface continentale avait été modifiée par des mouvements orogéniques, elle avait été plissée, puis érodée, le Jurassique ayant été conservé dans les synclinaux, le Trias et, sur certains points des formations plus anciennes, jalonnant des anticlinaux précrétacés. C'est donc sur une surface certainement irrégulière que se sont effectués les dépôts crétacés.

Les plus anciens sont les calcaires barrêmiens à *Toucasia carinata;* quand on peut observer leur substratum, à Vinport et à Rébenacq, on reconnaît qu'ils se sont déposés sur des rochers d'Ophite, c'est-à-dire sur le Trias.

Les schistes à Ammonites qui leur succèdent présentent un développement considérable : à Rébenacq ils reposent sur le Barrêmien, puis au sud du Pic, ils s'appuient directement sur le Jurassique. Plus loin, sur la route de Sévignacq à Nay, on les voit à maintes reprises succéder aux Ophites et quand on arrive à Pocydelucq, ils recouvrent les gypses triasiques exploités

souterrainement, et qu'il est difficile de ne pas considérer comme étant en place.

La même superposition a été observée dans toutes les exploitations de gypse, à l'ouest de Mifaget (Soms, Jasses, Escouba); dans toute cette région les schistes aptiens se sont déposés sur un soubassement triasique.

Plus au Sud, au nord de Billière, les calcschistes de l'Aptien, c'est-à-dire l'Aptien supérieur, reposent sur la dolomie jurassique (Viennot) et à Asté-Béon j'ai pu observer qu'ils succèdent règulièrement à l'Ophite.

A l'Est, dans la vallée du Lauzom, les schistes aptiens surmontent directement le Jurassique très développé au sud d'Arthez, comme au nord de Ferrières.

Dans toute la région que je viens d'examiner la partie tout à fait supérieures des calcschistes est déjà albienne : j'ai observé des couches à phosphates au sud du Pic de Rébenacq, et l'*Amm. Milleti* a été signalé à Sévignacq par Stuart Menteath et par Roussel au nord de Ferrières; les calcaires à *Horiopleura* accompagnent, ou même surmontent ces couches albiennes, comme Roussel l'a observé dans la vallée du Lauzom.

A ces dépôts néritiques, puis littoraux, succède une période d'agitation caractérisée à l'est et au sud d'Ossun par de puissants conglomérats (Louey, Laune, Benac), tandis que le rivage au Sud était marqué par des brèches et des calcaires à *Caprina adversa;* le soubassement est ici très varié, c'est principalement le Trias, mais sur quelques points on voit apparaître des formations plus anciennes, le Paléozoïque et même le granite. Le Cénomanien s'est ainsi avancé bien plus au Sud que ne le pensait Carez et dans cette région il a atteint la bordure de la zone paléozoïque centrale.

Au sud de Pau, le Cénomanien n'est plus représenté que par des grès calcaires plus ou moins grossiers à Orbitolines, et il faut aller bien plus loin, près de la frontière pour en retrouver le rivage et les calcaires à *Caprina adversa;* ils reposent ici encore sur le Trias.

Le Turonien, représenté par les calcaires en dalles de Bidache, succède régulièrement, et sans limite tranchée, aux couches à Orbitolines; le rivage au Sud est toujours marqué par les calcaires à Rudistes, mais les Caprines sont remplacées par des *Plagioptychus* associés aux Hippurites; ils reposent sur le Paléozoïque et même sur le Granite, aux Eaux-Chaudes; on voit que la transgression vers le Sud continue.

Un peu plus au Nord un lambeau de ces mêmes calcaires à Rudistes est pincé au Pic de Bazès dans un synclinal du Paléozoïque, à 2^{km}, 5 environ du rivage Cénomanien marqué par les brèches et les calcaires à *Caprina*

adversa de Salles (Argelès); la mer a continué à s'avancer vers le Sud et par le Pic de Bazès, les Eaux-Bonnes et les Eaux-Chaudes, les dépôts de cette période viennent se relier aux Calcaires des Cañons du versant espagnol. Toute cette région a été ainsi recouverte d'un manteau continu d'une Craie à Globigérines, c'est-à-dire indiquant l'invasion de la grande mer, de l'Océan.

Les progrès de l'érosion ont fait disparaître la plus grande partie de cette couverture et tout semble indiquer qu'elle s'étendait vers l'Est et vers le Sud bien au delà des lambeaux conservés aujourd'hui; ces faibles restes peuvent nous donner une idée des dénudations gigantesques dont cette région a été le théâtre et dont Magnan avait dès 1868 signalé toute l'importance.

Les débris ainsi arrachés à la chaîne ont alimenté les masses de poudingues si développés sur toute la bordure des Pyrénées. C'est d'abord aux environs de Pau le poudingue de Jurançon avec ses 300^{m} d'épaisseur; depuis longtemps on avait remarqué qu'il était formé uniquement d'éléments calcaires provenant du Crétacé, et à l'exclusion des débris siliceux du Paléozoïque. Ceux-ci au contraire constituent essentiellement les alluvions pliocènes qui recouvrent directement le poudingue miocène; il semble bien en résulter que les érosions ont seulement à cette époque entamé le soubassement paléozoïque, tandis que jusque-là elles n'avaient attaqué que la couverture crétacée. On comprend ainsi que le poudingue de Palassou soit lui aussi uniquement formé des éléments calcaires de cette couverture; celle-ci devait s'étendre vers l'Est aussi loin que le poudingue lui-même.

Lorsque la mer s'est retirée à la fin du Crétacé, la région sur laquelle se sont élevées les Pyrénées n'était qu'une île, ou une presqu'île d'un faible relief. C'est seulement avec les grands mouvements orogéniques qui, pendant l'Éocène et l'Oligocène, ont bouleversé la surface du globe que la chaîne a commencé à prendre figure. Mais à mesure qu'elle s'élevait, elle était démantelée par les érosions; c'est la période des poudingues de Palassou. Dans des conditions analogues et pendant le Miocène, s'est formé le poudingue de Jurançon; mais c'est seulement au Pliocène que la chaîne a pris sa constitution actuelle, les érosions ayant mis à découvert le Paléozoïque du substratum.

A cette époque la chaîne a été surélevée et j'ai montré que, sur sa bordure, aux environs de Pau, l'amplitude de ce soulèvement avait atteint et même dépassé 500^{m}. C'est alors que la chaîne a atteint sa plus grande élé-

vation, mais l'envahissement des glaces et le développement des glaciers l'a démantelée à nouveau. Les blocs erratiques souvent énormes, et les moraines qui encore aujourd'hui encombrent les vallées, mettent bien en évidence l'importance de ces nouvelles dénudations. Ce sont ces derniers épisodes qui ont donné à la chaîne le relief qu'elle présente actuellement, et l'on conçoit que des démantellements aussi répétés aient fait disparaître en grande partie la couverture calcaire primitive.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les proportions relatives de potassium et de sodium chez les plantes.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **D. J. Perietzeanu.**

En se basant sur des analyses de cendres dont beaucoup sont anciennes, on admet, d'une manière assez générale, que les plantes terrestres contiennent plus de potassium que de sodium, tandis que les plantes marines et de lieux saumâtres en renferment moins. Dans un Mémoire récent, nous avons insisté sur l'insuffisance des méthodes autrefois en usage pour l'étude des problèmes de biochimie relatifs aux métaux alcalins et nous avons réussi, à l'aide de l'acétate triple de Streng, à reconnaître la présence du sodium dans toutes les plantes que nous avons analysées, même lorsqu'il s'agissait d'espèces où ce métal alcalin avait été considéré comme absent (1).

Aussi avons-nous profité des matériaux d'études que nous avions recueillis et préparés pour doser le potassium présent à côté du sodium et établir, d'une façon plus précise qu'on l'avait pu faire jusqu'ici, le rapport existant entre les proportions des deux métaux alcalins.

Le potassium a été précipité et pesé à l'état de perchlorate, en opérant

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 645. Il s'est glissé une inversion partielle à la fin du premier paragraphe de la page 646 de ce Mémoire. Le texte des lignes 6 à 12 doit être rétabli de la manière suivante : C'est ainsi que la difficulté d'éliminer les dernières traces de magnésium, la volatilité des chlorures et la décomposition de ces sels par la vapeur d'eau à la température du rouge conduisaient quelquefois, en exagérant la proportion du potassium, à calculer des quantités négatives de sodium. Inversement, la résistance des bisulfates alcalins à passer à l'état de sels neutres tendait à augmenter la proportion de sodium, parfois même à faire trouver ce métal quand il n'y en avait pas.

Une plante a été oubliée dans le tableau ; c'est le Bouillon blanc (*Verb. thap.* L.), partie aérienne en fleurs, avec les chiffres suivants de sodium : 0,0035 pour 100 de matière fraîche, 0,213 pour 100 de matière sèche et 0,2247 pour 100 de cendres.

Enfin, il faut lire *Rhodymenia* au lieu de *Rhodynemia*.

sur une partie aliquote de la solution aqueuse des cendres, préalablement débarrassée de l'acide sulfurique combiné par le chlorure de baryum. Nous nous sommes assurés, par une série d'expériences préliminaires, effectuées sur des mélanges de sels de potassium et de sodium, dont certains contenaient des sulfates et des phosphates, que la précision de la méthode atteignait facilement le centième du métal dosé.

Le tableau ci-dessous donne, avec les chiffres obtenus, le rapport du potassium au sodium. Les plantes analysées sont rangées d'après la grandeur décroissante de ce rapport.

Plantes ou parties de plantes analysées.	Teneur en potassium pour 100 de matière fraiche.	matière sèche.	Cendres.	Rapport K/Na.
Sureau (*Samb. nig.* L.), feuilles	0,729	3,593	24,659	1040
Achillée (*Ach. mill.* L.), partie aérienne	0,509	5,251	30,681	849
Lilas (*Syr. vulg.* L.), feuilles	0,674	2,310	20,514	843
Poirier (*Pyr. comm.* L.), feuilles	0,965	2,383	19,460	715
Mûrier blanc (*Mor. alb.* L.), feuilles	0,404	2,072	21,047	578
Chélidoine (*Chel. maj.* L.), partie aérienne	0,398	2,246	17,024	568
Troène (*Lig. vulg.* L.), rameaux feuillus	0,392	1,684	20,990	560
Marronnier (*Aesc. hipp.* L.), fruits	0,433	0,949	38,453	541
Fusain du Japon (*Evon. jap.* L.), feuilles	0,350	1,182	7,866	500
Ortie (*Urt. ur.* L.), partie aérienne	0,536	3,938	15,348	447
Luzerne (*Med. sat.* L.), partie aérienne	0,484	2,687	23,001	403
Iris (*Ir. germ.* L.), feuilles	0,622	5,458	39,455	366
Haricot (*Phas. vulg.* L.), feuilles	0,420	3,196	17,598	350
Lierre (*Hed. hel.* L.), feuilles	0,292	0,955	8,748	292
Aucuba (*Auc. jap.* Thunb.), feuilles	0,289	1,252	18,308	193
Marronnier (*Aesc. hipp.* L.), feuilles	0,385	1,293	10,280	183
If (*Tax. bacc.* L.), rameaux feuillus	0,531	1,797	22,454	166
Maïs (*Zea mays* L.), tiges	0,506	3,984	36,041	101
Bouillon blanc (*Verb. thap.* L.), partie aér.	0,285	1,686	17,790	79,2
Rhodymenia palmata L., plante entière	0,420	2,902	37,784	78,0
Paturin (*Poa prat.* L.), partie aérienne	0,868	4,847	41,760	62,9
Maïs (*Zea mays* L.), racines	0,435	2,568	36,752	62,2
Maïs (*Zea mays* L.), feuilles	0,448	2,113	11,569	48,2
Tabac (*Nic. rust.* L.), partie aérienne	0,386	5,678	24,390	29,9
Scorzonère (*Sc. hisp.* L.), partie aérienne	0,595	6,805	33,263	26,1
Maïs (*Zea mays* L.), graines	0,345	0,794	37,574	19,15
Chardon (*Circ. arv.* Scop.), partie aérienne	0,337	3,962	18,363	13,5
Ulva lactuca L., plante entière	0,065	0,329	1,607	10,45
Tabac (*Nic. rust.* L.), feuilles	0,305	4,655	18,637	7,99
Plantain (*Plant. maj.* L.), feuilles	0,343	2,449	17,539	7,38
Laminaria saccharina L., plante entière	0,281	3,670	20,804	6,37
Chou (*Brass. bl.* L.), feuilles	0,206	2,182	11,970	5,72
Mauve (*Malv. rot.* L.), partie aérienne	0,332	1,878	11,298	3,06
Pelvetia canaliculata L., plante entière	0,533	2,223	12,034	1,46
Zostère (*Zost. mar.* L.), tiges feuillues	0,633	4,059	19,423	1,15

Il y a lieu, pour interpréter ces chiffres, de distinguer entre les plantes terrestres et les plantes marines. Chez les premières le rapport K/Na est toujours nettement supérieur à l'unité, et cela sans que l'on puisse évoquer aucune cause d'erreur appréciable due à la technique des dosages. Ce rapport est d'ailleurs extraordinairement variable, puisqu'il passe de 3 environ avec la mauve à plus de 1000 avec le sureau. On est ainsi conduit à penser que l'intéressante explication donnée par G. André et Demoussy (¹), suivant laquelle la teneur différente des tissus végétaux en potassium et en sodium est due à l'inégale mobilité des deux métaux alcalins au sein de leurs solutions, n'est valable que pour une partie du phénomène et doit être complétée par d'autres considérations.

Chez les plantes marines (les quatre algues et la zostère), le rapport K/Na est également supérieur à l'unité; mais nous devons faire observer que, par suite du lavage à l'eau distillée avant l'analyse, ces plantes, expédiées de Roscoff, avaient peut-être subi une certaine perte de sels alcalins que nous n'avons pas étudiée. Il est donc nécessaire d'entreprendre de nouvelles recherches à leur sujet afin de faire disparaître toute incertitude et de pouvoir tirer des chiffres obtenus les conclusions définitives.

MÉCANIQUE. — *Sur un procédé de discussion synthétique des conditions de fonctionnement des régulateurs des turbines à vapeur.* Note (²) de M. **A. Blondel.**

Chacun des coefficients σ et β représente en réalité un rapport de deux fréquences d'oscillations propres; car on peut écrire

$$\sigma = \frac{\tau}{2\pi T_1}, \qquad \text{avec} \qquad T_1 = \frac{K}{\delta \Omega M};$$
$$\beta = \frac{2\pi}{\Theta}\frac{t}{t'} = \frac{2\pi}{\Theta}\frac{\tau}{2\pi} = \frac{\tau}{\Theta}.$$

En appelant Θ la période d'oscillation du régime périodique du mouvement imprimé à l'ensemble de la machine et du régulateur, par l'effet d'une variation brusque de charge, T_1 la durée d'ouverture de la valve, c'est-à-dire le temps que met la machine à passer de la plus faible vitesse Ω_1 (en pleine charge) à sa plus grande vitesse Ω_2 (à vide) quand on la décharge brusquement,

(¹) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1052, et **184**, 1927, p. 1501.
(²) Séance du 20 juin 1927.

On remarquera que t' n'est pas à proprement parler un temps, mais un simple coefficient numérique de même que σ, a, u, v, etc.

D'autre part, la première et la troisième équation aux racines de l'équation caractéristique donnent

$$\alpha_1 + 2\alpha = -2a; \qquad \alpha_1(\alpha^2+\beta^2) = -\sigma$$

ou

$$\beta = \sqrt{-\frac{\sigma}{\alpha_1} - \alpha^2},$$

et cette expression montre que β doit, en général, varier avec σ et qu'il sera une fonction complexe de l'écart de réglage δ du couple moteur et de l'inertie du volant K.

Il y a seulement deux cas particuliers où l'influence du volant ne se fait pas sentir, ce sont ceux où l'on a soit $a = 0$ (régulateur sans cataracte), soit $2a = \sigma$ (régime limite de convergence).

On ne peut donc discuter aisément les conditions de réglage qu'en déterminant par un procédé rapide les valeurs des coefficients α_1, α et β, c'est-à-dire des racines de l'équation caractéristique du troisième degré complète

$$x^3 + 2ax^2 + x + \sigma = 0.$$

Nous pouvons représenter d'une manière synthétique le calcul de ces racines en remarquant que, dans toute équation du troisième degré complète,

$$x^3 + b_0x^2 + b_1x + b_2 = 0.$$

On peut déterminer les racines x_1, x_2, x_3 en prenant l'intersection de la droite

$$y_2 = -b_1x - b_2$$

avec une courbe cubique

$$y_1 = x^3 + b_0x^2,$$

qui est très facile à construire. C'est une courbe en zigzag, ayant deux branches allant à l'infini, l'une du côté des y positifs, l'autre du côté des y négatifs, séparées par une boucle d'amplitude plus ou moins développée suivant la valeur de b_0 et qui est tangente à l'axe de y à l'origine et à une droite parallèle en un point dont l'abscisse est $-\frac{2}{3}b_0$ et dont l'ordonnée est égale à $\frac{4b_0^3}{27}$; suivant que b_0 est positif ou négatif, la boucle se trouve dans le second quadrant ou dans le quatrième.

En appliquant cela au régulateur, on trouve que le faisceau de droites qui a pour expression $y_2 = -x - \sigma$ est formé de droites parallèles à la bissectrice du second quadrant et ayant des ordonnées à l'origine proportionnelles aux valeurs du degré d'amortissement a portées en abscisses à gauche de l'origine.

A chaque valeur du degré d'amortissement a correspond une cubique

$$y_1 = x^3 + 2ax^2$$

qui coupe l'axe des abscisses à l'origine et au point $x = -2a$.

Les coordonnées du sommet de la boucle sont

$$x = -\frac{4}{3}a; \qquad y = \frac{32}{27}a^3.$$

Pour toute valeur $\sigma < 2a$, l'abscisse de l'intersection $x = \alpha_1$ est négative et par suite aussi α (tant que a n'est pas nul), $\alpha = -2a - \alpha_1$. Quand $\sigma > 2a$, l'abscisse α_1 reste négative, mais α devient positif et, par conséquent, le terme oscillatoire du mouvement du régulateur devient divergent (sauf compensation par le frottement).

La même figure montre que, si σ est petit et si a reste assez grand, on peut avoir trois racines réelles négatives (régime apériodique) pourvu que la boucle soit assez haute. La condition correspond à la réalité de l'expression de σ (p. 1295, ligne 4) et est $a > 0,974$.

On peut alors mener à la cubique une tangente de coefficient conservé -1.

Dans le cas limite de la convergence, $\sigma = 2a$, l'épure montre que la racine réelle négative $-\alpha_1$ est alors précisément égale à $-2a = -\sigma$, et que $\alpha = 0$. La troisième équation aux racines donne alors $\beta = 1$; donc $\Theta = \tau$. Les formules générales de la précédente Note se réduisent aux suivantes [1] :

$$u_{t'} - u_n = \frac{u_i - u_n}{1 + \alpha_1^2}\left[e^{-\alpha_1 t'} + \alpha_1\sqrt{1 + \alpha_1^2}\cos(t' - \psi)\right]; \qquad \text{avec} \qquad \operatorname{tang}\psi = \frac{1}{\alpha_1}.$$

Les conditions du réglage dit « exact » sont donc

$$e^{-\alpha_1 t'} + \alpha_1\sqrt{1 + \alpha_1^2}\cos(t' - \psi) = 0,$$
$$e^{-\alpha_1 t'} + \sqrt{1 + \alpha_1^2}\sin(t' - \psi) = 0.$$

---

(1) Nous employons ici, pour éviter toute confusion, l'indice i pour les valeurs *initiales* de $u + v$ et n pour les valeurs finies correspondant au *nouveau* régime permanent. D'autre part nous mettons ici en évidence le signe de la racine réelle en l'écrivant $-\alpha_1$; α_1 est donc un nombre positif.

On en déduit par division et par addition (après élévation au carré)

$$\operatorname{tang}(t'-\psi) = -\alpha_1 = -e^{-\alpha_1 t'}.$$

D'où l'on tire deux expressions de t' :

$$t' = \operatorname{arc\,tang}\frac{1}{\alpha_1} + \operatorname{arc\,tang}\alpha_1 = \frac{\pi}{2} + (2m+1)\pi,$$

$$t' = -\frac{\log\alpha_1}{\alpha_1}.$$

En traçant la courbe de cette seconde valeur de t' en fonction de α_1, on trouve par suite son intersection avec la droite $t' = \frac{3\pi}{2}$ l'abscisse commune $\alpha_1 = 0{,}27$; d'où $\sigma = 0{,}27$. La valeur correspondante $t' = \frac{3\pi}{2}$ définit l'époque où le manchon atteint tangentiellement, au cours de sa première période d'oscillation, l'élongation maxima correspondant à la position exacte u_n. C'est $t = \frac{\tau}{2\pi}0{,}27 = 0{,}043\,\tau$.

On doit vérifier que la vitesse $v_{t'}$ obtenue pour cette valeur de t' ne diffère de la valeur exacte v_n que d'une quantité $\pm\frac{1}{2}\frac{\varepsilon}{\delta}$ représentant la marge d'insensibilité du manchon. On écrira donc, d'après l'équation différentielle du mouvement du manchon,

$$v_{t'} - v_n = u_{t'} + \sigma\left(\frac{du}{dt'}\right)_{t'} + \left(\frac{d^2u}{dt'^2}\right)_{t'} + \frac{1}{2}\frac{\varepsilon}{\delta} - u_n.$$

Pour que $v_{t'}$ soit dans la zone de régime, c'est-à-dire diffère de v_t de $\pm\frac{1}{2}\frac{\varepsilon}{\delta}$, il faudra que

$$0 < v_{t'} - v_n - \frac{\varepsilon}{2\delta} < \frac{\varepsilon}{\delta},$$

en remarquant qu'au régime permanent, $v_n = u_n$. Or, en substituant dans le second membre la valeur calculée ci dessus de $u_{t'} - u_n$, on obtient

$$v_{t'} - v_n = \frac{u_i - u_n}{1+\alpha_1^2}\left[e^{-\alpha_1 t'} - \alpha_1^2\sqrt{1+\alpha_1^2}\sin(t'-\psi)\right],$$

ou, en remplaçant $\sin(t'-\psi)$ et $e^{-\alpha_1 t'}$ par leurs expressions, et α_1 par σ qui lui est égal,

$$\frac{u_i - u_n}{1+\alpha_1^2}(e^{-\alpha_1 t'} + \alpha_1^3) = \sigma(u_i - u_n) \leqq \frac{\varepsilon}{\delta},$$

le maximum de $u_i - u_n = 1$ à pleine charge; d'où finalement la condition

très simple

$$\sigma_0 < \frac{\varepsilon}{\delta}, \quad \text{ou} \quad \varepsilon > \sigma_0 \delta > 0{,}27\delta.$$

On peut comparer ces résultats à ceux que donne le cas $a = 0$ étudié par M. Lecornu. D'après un exposé de M. Chipart (¹), on a alors exactement

$$\sigma_0 = 0{,}235; \quad t' = 4{,}5; \quad \varepsilon > 0{,}386\,\delta.$$

Les différences sur σ_0 et t' sont donc peu importantes. Cependant les valeurs de α_1, α, et β sont très différentes :

$$\alpha_1 = -2{,}35; \quad \alpha = 1{,}175; \quad \beta = \frac{\alpha}{0{,}11} = 10{,}7.$$

Les cas usuels seront compris entre ces deux cas spéciaux. Mais on peut recommander comme le meilleur réglage celui qu'on vient de calculer pour $\sigma = 2a$.

GÉODÉSIE. — *Sur les côtés communs du Parallèle d'Avignon et de la Chaîne Méridienne des Alpes françaises.* Note de M. **Paul Helbronner.**

Dans le Tome 8 de ma *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, paru en avril 1926, j'avais établi les coïncidences qui pouvaient être relevées à cette époque sur certains côtés, calculés provisoirement, de la triangulation effectuée par la Section de Géodésie du Service Géographique de l'Armée, et appartenant aussi à ma Chaîne Méridienne des Alpes françaises (²).

Deux de ces côtés seulement avaient pu faire l'objet de cette comparaison, celui joignant le Mourre de Chanier à la Sauvette et celui joignant la Sauvette au Cap Roux.

Depuis l'époque de la publication de ce volume, les calculs définitifs de la Section de Géodésie du Service Géographique, relatifs au Parallèle d'Avignon, ont permis de nouvelles comparaisons qui m'ont été communiquées par M. le général Bellot, directeur du Service, dans ces derniers temps.

(¹) *Bulletin des Comptes rendus mensuels de la Société de l'Industrie minérale*, 10, mai 1914, p. 417-454.

(²) P. Helbronner, *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, 8 *Chaîne Méridienne de Dauphiné-Provence*, p. 623.

Aux points géodésiques communs à la soudure des deux chaînes, les centres sont identiques, sauf pour l'un d'eux, le Mont Monnier, dont l'axe du signal a pu être sujet à un défaut d'identification de quelques centimètres.

Le Parallèle d'Avignon part des deux côtés La Gaste-Montalet et Montalet-Saint-Pons, de la Méridienne de Paris, pour aboutir dans son premier segment à la base moderne de Salon. La Section de Géodésie du Service Géographique a compensé d'ensemble ce segment de chaîne en établissant l'accord des bases, c'est-à-dire en tenant compte des valeurs compensées des deux côtés de départ de la Méridienne de Paris et de la base de Salon à l'arrivée. Le deuxième segment qui part du rattachement de la base de Salon pour aboutir à la frontière italienne a été également compensé d'ensemble. Le réseau du Service Géographique est donc, dans cette région, fonction des deux bases de Paris et de Perpignan servant de départ à la Méridienne et mis en accord avec la base de Salon.

Les coordonnées géographiques ont pour départ les valeurs définitives du Panthéon et sont calculées sur l'ellipsoïde de Clarke.

D'autre part, ma Chaîne Méridienne repose sur les valeurs de la triangulation ancienne des Ingénieurs-géographes en partant du côté Thabor-Goléon modifié par un ensemble de considérations exposées au Tome I (¹). Les coordonnées géographiques et les azimuts — comme ceux, d'ailleurs, de tous les points de ma description géométrique des Alpes françaises et de toutes les positions que j'ai fixées en Corse — en sont calculés, en conséquence, avec départ des anciennes valeurs du Panthéon sur l'ellipsoïde de la Carte de France (dit aussi des Ingénieurs-géographes).

Il en résulte que si les coïncidences métriques peuvent être mises en évidence immédiatement, dans la comparaison des longueurs des côtés communs, il n'en est pas de même pour les azimuts et pour les coordonnées géographiques. Les premiers comportent en effet une différence constante provenant de l'azimut de départ choisi. Les secondes ne peuvent être examinées utilement qu'après corrections permettant de ramener les coordonnées calculées sur l'ellipsoïde de la Carte de France aux valeurs qui les définiraient sur l'ellipsoïde de Clarke.

Il est donné ci-après les tableaux comparatifs des côtés et des azimuts

---

(¹) P. HELBRONNER, *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, 1, p. 47-48.

communs, établis définitivement dans les deux enchaînements. Il est aisé d'y apercevoir l'allure générale des coïncidences qui peut être envisagée comme un critérium de la précision des observations et des compensations, par la constance des différences qu'elles font apparaître, dans le cas des azimuts, en particulier, une fois défalquée la valeur moyenne de 37 secondes, environ, représentant la différence des azimuts de la base initiale de départ adoptée dans l'un et l'autre des deux systèmes de coordonnées. (Les tableaux ayant été établis par la Section de Géodésie, les azimuts sont comptés dans le mode adopté par le Service Géographique à partir du Sud dans le sens inverse trigonométrique et non à partir du Nord dans le sens direct trigonométrique, suivant l'usage que j'ai constamment suivi pour les azimuts publiés dans ma description géométrique des Alpes françaises.)

I. — *Comparaisons des côtés.*

	Parallèle d'Avignon (S. G.). m	Méridienne des Alpes (Hr.). m	Différences en centimètres. m	Différences proportionnelles à la distance.
Grand Coyer – Mourre de Chanier.	39548,452	39547,85	−0,60	$-\frac{1}{66000}$
Grand Coyer – Cheiron..........	38856,402	38856,03	−0,37	$-\frac{1}{105000}$
Grand Coyer – Tournairet.........	44598,157	44597,79	−0,37	$-\frac{1}{120000}$
Grand Coyer – Monnier (¹).......	23359,514	23359,82	+0,31	$+\frac{1}{76000}$
Cheiron – Monnier (¹)...........	37715,820	37715,66	−0,16	$-\frac{1}{236000}$
Cheiron – Tournairet............	30843,767	30843,22	−0,55	$-\frac{1}{56000}$
Cheiron – Mourre de Chanier.....	49834,915	49834,47	−0,45	$-\frac{1}{111000}$

(¹) Le centre géodésique Monnier n'a pu être identifié qu'à quelques centimètres près.

II. — *Comparaisons des azimuts* (directs / inverses).

	Parallèle d'Avignon (S. G.).	Méridienne des Alpes (Hr).	Différences.
Mourre de Chanier—Grand Coyer..	248^G.1013$''$,273	248^G.1049$''$,90	+36$''$,63
	48.3625,896	48.3663,26	+37,36
Mourre de Chanier—Cheiron......	303.5719,110	303.5756,19	+37,08
	104.0477,508	104.0515,83	+38,32
Cheiron—Grand Coyer............	160.8834,307	160.8868,55	+34,24
	360.6676,730	360.6710,43	+33,70
Cheiron—Monnier (1)............	200.3108,205	200.3150,73	+42,52
	0.3125,966	0.3168,63	+42,66
Cheiron—Tournairet.............	248.2607,846	248.2646,75	+38,90
	48.4645,895	48.4685,40	+39,50
Grand Coyer—Monnier (1)........	283.3426,982	283.3458,89	+31,91
	83.5608,977	83.5641,56	+32,58
Grand Coyer—Tournairet.........	313.2330,930	313.2369,34	+38,41
	113.6535,751	113.6575,34	+39,59

Par ces tableaux s'affirment une fois de plus (2), d'une façon particulièrement frappante, les présomptions de précision de la chaîne primordiale établie du Léman à la Méditerranée. Cette précision a été évaluée par plusieurs modes théoriques dans le dernier Chapitre du Tome 8; mais, à côté de ces probabilités théoriques données ainsi par les formules générales qui président à ces appréciations, il est précieux d'obtenir, en plus, des concordances de valeurs particulières militant en faveur des deux enchaînements qui y conduisent.

Deux conclusions apparaissent clairement de ces comparaisons :

Une première, d'ordre général, provient de la considération que les mesures angulaires des enchaînements modernes du Service Géographique ont été obtenus par des observations faites au moyen du grand cercle azimutal de Brunner à quatre microscopes de 405^{mm} de diamètre à la chiffraison, tandis que celles de la méridienne de Dauphiné-Provence proviennent d'observations exécutées avec un cercle azimutal de Chasselon

(1) Le centre géodésique Monnier n'a pu être identifié qu'à quelques centimètres près.

(2) Voir P. Helbronner, *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, 1, *Chaîne Méridienne de Savoie*, p. 485 et 487 (Jonctions avec les triangulations suisse et italienne).

à deux microscopes de 182^{mm} seulement de diamètre à la chiffraison : on peut en conclure que l'une des leçons à tirer des opérations fondamentales de la *Description des Alpes françaises* est que la précision des résultats d'un enchaînement géodésique n'est pas uniquement fonction des dimensions des instruments et de leur perfection intrinsèque : leur mode d'emploi et l'organisation des compensations ultérieures permettent d'envisager un rétablissement très considérable au profit des appareils de dimensions réduites.

La seconde conclusion, d'ordre particulier, est d'un intérêt fondamental pour mes récentes opérations : il découle en effet de ces heureuses coïncidences entre les enchaînements géodésiques modernes du Service Géographique et ma Chaîne Méridienne des Alpes, que les bases de départ tirées de celle-ci et que je viens d'utiliser pour la jonction de la Corse au continent français (dont l'une, Coudon-Mont Chauve, dépasse 120^{km}), permettent d'assurer aux résultats de la jonction géodésique, puis de la Chaîne méridienne que j'ai mesurée en Corse, dont j'ai terminé les calculs, et qui doit faire partie également du Tome 9 en cours de préparation, l'ordre de précision qu'il est actuellement permis d'attendre des triangulations primordiales.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité de 36 suffrages, sont réélus membres de la Commission technique de la *Caisse des recherches scientifiques :* pour la première section, MM. **L. Guignard**, **Th. Schlœsing**, **E.-L. Bouvier**, **Ed. Quénu**; pour la deuxième section, MM. **E. Picard**, **A. Lacroix**, **H. Le Chatelier**, **M. Brillouin**; pour la troisième section, M. **Ch. Moureu**.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de M. *Kamerlingh Onnes* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 42,

M. Torres Quevedo	obtient	....	36 suffrages
Sir Ernest Rutherford	»	....	4 »
M. Ramon Cajal	»	....	2 »

M. **Leonardo Torres Quevedo**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** remercie l'Académie de l'envoi d'un Rapport relatif à la protection, contre la foudre, des bâtiments contenant des *matières explosives et inflammables*.

M. le **Ministre de la Guerre** prie l'Académie de lui désigner deux de ses Membres qui feront partie du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le port d'Agadir et la région du Sous, considérés au point de vue de la pêche industrielle*, par A. Gruvel. (Présenté par M. L. Mangin.)

2° Thermosbæna mirabilis *Monod, remarques sur sa morphologie et sa position systématique*, par Th. Monod. (Présenté par M. L. Mangin.)

3° Carte géologique du massif du Mont-Blanc à l'échelle du $\frac{1}{20\,000}$. *Feuille Servoz-Les Houches* et *notice explicative*, par MM. Paul Corbin et Nicolas Oulianoff.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines formes riemanniennes remarquables des géométries à groupe fondamental simple.* Note de M. E. CARTAN.

I. Dans une Note précédente [1] j'ai indiqué quelques applications à la théorie des groupes simples des espaces de Riemann irréductibles $\mathcal{E}$ dont la courbure se conserve par le transport parallèle. L'intérêt de ces espaces est d'autre part considérable parce que leur existence équivaut au théorème suivant :

Toute géométrie dont le groupe fondamental est simple ou semi-simple peut être rendue riemannienne (avec un ds^2 défini positif et une courbure invariante par le transport parallèle) par un choix convenable de l'élément générateur de l'espace.

Certains cas particuliers de ce théorème sont classiques : la géométrie projective de la droite réelle et celle de la droite complexe sont respectivement équivalentes à la géométrie riemannienne à courbure constante négative du plan hyperbolique et de l'espace hyperbolique à 3 dimensions.

Bornons-nous aux groupes simples. A une structure simple d'ordre r correspondent :

1° Des groupes G à r paramètres *complexes* (ou $2r$ paramètres réels);

2° Des groupes G à r paramètres *réels*, le domaine des paramètres étant *ouvert;*

3° Des groupes à r paramètres *réels*, le domaine des paramètres étant *clos*.

II. Dans les deux premiers cas le choix de l'élément générateur de l'espace rendant riemannienne la géométrie de groupe fondamental G *n'est essentiellement possible que d'une manière*. Cela veut dire que si l'on a deux familles d'éléments générateurs rendant la géométrie riemannienne, on peut établir une correspondance biunivoque entre les éléments des deux familles de manière que deux éléments correspondants soient invariants par le *même* sous-groupe de G [2]. Tous les espaces de Riemann correspondants sont simplement connexes; leur courbure riemannienne est partout négative ou nulle; par deux quelconques de leurs points, il passe une géodésique et une seule.

---

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1036-1038.

(2) On sait comment, d'après F. Klein, S. Lie et H. Poincaré, on peut fonder la géométrie élémentaire en substituant à la notion du *point* celle du sous-groupe des rotations qui laisse ce point invariant.

Citons, à titre d'exemple les formes riemanniennes des géométries dont les groupes fondamentaux ouverts sont les plus connus. Si G est le groupe projectif réel de n variables réelles, l'espace de Riemann $\mathcal{E}$ correspondant est celui des formes quadratiques définies positives, de déterminant 1, à $n+1$ variables réelles. Si G est le groupe linéaire d'une forme quadratique indéfinie

$$F = x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_p^2 - x_{p+1}^2 - \ldots - x_{p+q}^2,$$

$\mathcal{E}$ est l'espace des variétés planes à $q-1$ dimensions qui sont tout entières à l'intérieur de la quadrique $F=0$ (c'est-à-dire qui rendent $F<0$).

III. Dans le troisième cas, le domaine du groupe G à r paramètres réels étant *clos*, il y a plusieurs choix possibles de l'élément générateur rendant riemannienne la géométrie de groupe fondamental G ([1]). Il existe donc plusieurs espaces $\mathcal{E}$ distincts, ils sont tous à courbure riemannienne positive ou nulle. Certains de ces espaces admettent plusieurs *formes* de Klein *localement* applicables les unes sur les autres sans l'être dans leur domaine entier d'existence; l'une de ces formes est simplement connexe. Les espaces à courbure constante positive (avec leurs deux formes, *sphérique* et *elliptique*) correspondent naturellement au groupe G d'une forme quadratique définie positive F; à ce même groupe correspondent les espaces représentatifs des variétés planes à un nombre donné de dimensions plongées dans l'espace elliptique; ils admettent, suivant les cas, deux ou quatre formes de Klein distinctes. Si le nombre des variables de la forme F est pair, soit $2q$, il existe encore un autre espace de Riemann $\mathcal{E}$ correspondant au groupe G, c'est l'espace représentatif des *translations* infinitésimales de l'espace elliptique à $2q-1$ dimensions; il n'admet qu'une forme (simplement connexe) si q est impair; il en admet deux distinctes si q est pair.

L'espace hermitien elliptique correspond au groupe G linéaire unimodulaire d'une forme d'Hermite définie positive; c'était, avec les espaces à courbure constante, le seul espace $\mathcal{E}$ connu jusqu'à présent ([2]).

IV. Dans l'étude des géodésiques des espaces $\mathcal{E}$ à courbure positive, un certain entier λ, que j'appelle le rang de l'espace, joue un rôle important. Si le rang est supérieur à 1, il passe par deux points quelconques une

---

([1]) Il existe ici d'autres formes riemanniennes, mais avec *torsion*, la courbure et la torsion se conservant encore par le transport parallèle.

([2]) Il a été étudié par G. Fubini et E. Study. Voir en particulier E. Study, *Kürzeste Wege im komplexen Gebiet* (*Math. Ann.*, 60, 1905, p. 321-378).

infinité dénombrable de géodésiques [1]. Les espaces de rang 1, qui comprennent les espaces à courbure constante positive et les espaces hermitiens elliptiques, sont caractérisés par plusieurs propriétés remarquables, dont chacune entraîne les autres :

1° Leur courbure riemannienne est partout *positive*, sans jamais être nulle;

2° Toutes leurs géodésiques sont fermées (et elles sont alors de même longueur);

3° Par deux points *arbitraires* il passe une géodésique et une seule.

Cette dernière propriété ne peut avoir lieu, quels que soient les deux points donnés, que si l'espace n'est pas simplement connexe, et alors il est nécessairement à courbure constante (espace elliptique).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur une généralisation des correspondances ponctuelles qui établissent l'applicabilité projective.* Note de M. L. **Féraud**.

Nous désignerons par C_{hk} une correspondance ponctuelle établie entre deux variétés à p dimensions s, S d'un espace projectif à n dimensions, qui permettra, par un déplacement convenablement choisi (et variable d'un point à un autre), d'amener un point A quelconque de S sur son homologue a de s, de telle sorte qu'au point commun les deux variétés aient, après le déplacement, une *application* d'ordre h et un *contact* [2] d'ordre k ($k \geq h$).

L'étude de ces C_{hk} peut être considérée comme la généralisation de deux problèmes classiques. Le problème de l'applicabilité projective correspond en effet à la recherche des variétés entre lesquelles il existe une C_{22}.

D'autre part la détermination d'une variété par k formes différentielles (normées ou susceptibles de l'être) conduit aux variétés entre lesquelles on peut établir une C_{1k}.

---

(1) Cf. ma Note *Sur les géodésiques des espaces de groupes simples* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 862-864).

(2) Ces dénominations sont celles de M. Cartan, *Annales École Norm. sup.*, **37**, 1920, p. 268.

M. Fubini dit *contact analytique* au lieu d'*application*, et *contact géométrique* au lieu de *contact*. Voir Fubini et Čech, *Lezioni di Geometria proiettiva*, p. 12 (Bologne, 1926).

Le problème que nous avons posé comprend : 1° la recherche des variétés entre lesquelles il existe une C_{hk}; 2° l'étude cinématique du déplacement qui amène S sur s; 3° l'étude des correspondances elles-mêmes.

Nous donnerons les principaux résultats auxquels conduit l'étude des C_{hk} existant entre des surfaces *développables*.

I. Dans l'espace à trois dimensions :

Toute C_{14} peut être considérée comme une C_{15} et admet la définition géométrique suivante. Une correspondance ponctuelle arbitraire ayant été établie entre les deux arêtes de rebroussement, les points P, $\overline{\mathrm{P}}$ qui se correspondent sur deux génératrices homologues sont déterminés par

$$(\mathrm{M}\,\mathrm{M}_1\,\mathrm{P}_1\,\mathrm{P}) = (\overline{\mathrm{M}}\,\overline{\mathrm{M}_1}\,\overline{\mathrm{P}_1}\,\overline{\mathrm{P}}),$$

M, $\overline{\mathrm{M}}$ étant deux points correspondants sur les arêtes de rebroussement;

M_1, $\overline{\mathrm{M}_1}$ deux points homologues infiniment voisins respectivement de M et $\overline{\mathrm{M}}$;

P_1, $\overline{\mathrm{P}_1}$ deux points qui décrivent sur chacune des surfaces des courbes arbitrairement choisies auxquelles on imposera de se correspondre à l'aide de la deuxième fonction arbitraire dont dépend la C_{14}.

C_{24} dépend d'une fonction d'un argument. Elle est complètement déterminée si l'on se donne une correspondance arbitraire entre les arêtes de rebroussement (γ) et (Γ). En définissant un point sur (γ) par t et un point sur une génératrice donnée par un autre paramètre v, convenablement choisi, C_{24} s'exprime analytiquement par

$$\bar{t} = f(t),$$
$$\bar{v} = \frac{v}{f'(t)} - \frac{3}{2} \times \frac{f''(t)}{f'(t)^2}.$$

Pour l'interpréter géométriquement on établit d'abord une correspondance homographique entre les cubiques gauches osculatrices à (γ) et (Γ) en deux points homologues M et $\overline{\mathrm{M}}$. On remarque ensuite que l'on peut faire correspondre à tout point Q de la cubique osculatrice en M un point P et un seul pris sur la tangente en M à (γ); Q sera le seul point de contact, différent de M, des plans issus de P osculateurs à la cubique.

C_{25} n'est pas possible entre deux surfaces quelconques. Mais elle l'est encore, en particulier, si pour chacune des deux surfaces les génératrices appartiennent à un complexe linéaire. Dans ce cas elle dépend *en général* de trois constantes arbitraires. Elle s'obtient par une relation homo-

graphique à coefficients constants entre les paramètres naturels que l'on peut définir sur chacune des arêtes de rebroussement en les *développant* sur une cubique gauche (ce qui revient à définir une certaine *connexion*).

II. Dans l'espace à quatre dimensions :

C_{14}, C_{15}, C_{24}, C_{33} dépendent de deux fonctions d'un argument. On a ainsi en évidence les propriétés d'une correspondance unique qui peut être caractérisée de la même manière que C_{15} dans E_3;

C_{25} est complètement déterminée par une correspondance arbitraire entre les arêtes de rebroussement. Son interprétation géométrique est analogue à celle de C_{24} dans E_3;

C_{16}, C_{34}, C_{35} dépendent en général de trois constantes arbitraires. Elles s'interprètent en développant les arêtes de rebroussement sur une quartique normale au lieu de les développer sur une cubique gauche comme dans E_3.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problèmes aux limites du type elliptique; cas des contours à points anguleux.* Note de M. **Maurice Gevrey.**

I. J'emploie dans cette Note les mêmes notations que dans une Communication antérieure [1]. Étant donnée l'équation linéaire du type elliptique à m variables $F_P(u) = f$, où les coefficients sont supposés pourvus des dérivées figurant dans l'adjointe, la résolution, par une fonction de Green, d'un problème aux limites se ramène : 1° à la formation d'une *fonction auxiliaire* V_P^{II}; 2° au calcul du *noyau résolvant* de $F_P(V_P^{II})$. Le premier problème est lui-même une sorte de problème aux limites, mais dans lequel les fonctions à utiliser pour obtenir V et vérifiant des conditions données sur S (coordonnées du point-image, fonction s du n° 2) ne sont astreintes *qu'à des conditions de régularité* dans D + S.

On conçoit donc que, suivant la façon dont S est donnée, on puisse varier le procédé de formation de V. Nous avons donné un exemple où V peut *s'écrire immédiatement* lorsque D est défini par $\varphi(x_1, \ldots, x_m) > 0$ et S par $\varphi = 0$. Nos formules supposent l'existence des dérivées troisièmes de φ : on peut s'en passer. Un des problèmes types de ce genre de questions consiste, par exemple, à former une fonction W(P) prenant

---

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1109. Voir aussi 179, 1924, p. 664, sur les équations intégro-différentielles, auxquelles toutes ces méthodes s'appliquent également. Au sujet de la méthode de E.-E. Levi, voir *Rendiconti di Palermo*, 24, 1907, p. 275. Enfin cf. Lichtenstein, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 977, pour une transformation analogue à celle du n° III.

une valeur donnée en tout point M de S et telle que F(W) soit continue dans D : l'intégrale $\frac{2\varphi}{(m-2)\sigma_m}\int_S [\mathfrak{S}_P^M]^{-\frac{m}{2}} w_M dS_M$ (avec nos notations antérieures) répond à la question, w_M désignant le produit de la valeur donnée de W par celle de $[\Sigma a_{ik}\varphi'_{x_i}\varphi'_{x_k}]^{-\frac{1}{2}}$ en M. Nous pourrons donc remplacer la fonction $\overline{\varphi}$ de la page 1111 par une intégrale de ce genre, en utilisant simplement les valeurs *prises par* $\overline{\varphi}$ *sur* S, ce qui permettra d'élargir les hypothèses sur φ.

II. Ainsi que je le rappelais dans la note de la page 1110, la résolution des problèmes aux limites peut aussi se faire par un *second procédé*, sans fonction de Green et avec des hypothèses plus larges sur les coefficients, mais toujours avec les deux stades indiqués plus haut. Enfin on peut employer une *troisième méthode*, en suivant la même voie que pour la détermination des fonctions harmoniques au moyen de potentiels de simple ou double couche.

La solution fondamentale U_P^{II} de $F=0$, formée par la méthode de E.-E. Levi, est en effet $v_P^{II}+\lambda\int_{D'} v_P^M \Gamma_M^{II} d\omega_M$, v_P^{II} étant égale à $(\mathfrak{S}_P^{II})^{-\frac{m}{2}+1}$ et Γ_P^{II} le noyau résolvant, pour $\lambda=1$, de $[(m-2)\sigma_m]^{-1}F_P(v_P^{II})$, dans un domaine D′ contenant D. Les procédés de partage de domaines et d'intégration par parties, usuels dans ce genre de questions, permettent de ramener l'étude des intégrales $\int_S U_P^M \rho_M dS_M$ et $\int_S \frac{\partial U_P^M}{\partial N}\rho_M dS_M$ (N *conormale* en M) au point de vue des discontinuités, à celles qu'on obtient en remplaçant U par v. On trouve ainsi des propriétés analogues à celles des potentiels et permettant la résolution des problèmes aux limites, ρ étant donnée par une équation de Fredholm. Il suffit que S admette un plan tangent variant continûment et que la distance δ de M au plan tangent en M′ vérifie $\delta < k|MM'|^{1+h}$ (k fixe, $0 < h \leq 1$), ce que nous appellerons *condition* (δ).

Il y a donc ici deux résolvants à calculer; mais ce procédé, quoique plus long que les deux premiers, peut être avantageux dans certains cas, vu la largeur de la condition (δ) : nous allons l'appliquer au type canonique à deux variables

$$(1)\qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+a\frac{\partial u}{\partial x}+b\frac{\partial u}{\partial y}+cu=f \qquad \text{avec} \qquad v=\mathcal{L}\frac{1}{\mathrm{PII}},$$

en notant qu'on peut avoir, dans ou sur le contour C donné, des pôles d'ordre <1 pour a et b, ou d'ordre <2 pour c, f et les dérivées de a et b.

III. Ceci va nous permettre de traiter le cas où C admet à l'origine O un

point anguleux d'ouverture α. La transformation $z' = z^{\frac{\pi}{\alpha}}$, avec $z = x + iy$, ramène l'ouverture à π et, si C satisfait à (δ), le contour transformé C' satisfait à une condition analogue $\left(\text{en remplaçant } h \text{ par } \frac{h\alpha}{\pi} \text{ dans le voisinage de O}\right)$. L'équation (1) conserve la même forme dans le plan z', avec un pôle en O, pour les coefficients, d'un ordre permettant la résolution des divers problèmes aux limites par la méthode du n° II. Nous ne supposons pas l'existence de la courbure de C.

On passe aisément de là au cas de plusieurs points anguleux.

Ajoutons enfin que la première méthode (par les fonctions de Green) peut s'appliquer à C', à la condition de prendre, pour former la fonction auxiliaire, certaines précautions dans le détail desquelles je ne puis entrer.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un problème de M. P. Montel.* Note de M. **M. Lavrentieff**, présentée par M. Goursat.

1. Soit

$$f_1(z),\quad f_2(z),\quad \ldots,\quad f_n(z),\quad \ldots \tag{1}$$

une suite de fonctions analytiques, holomorphes à l'intérieur du cercle $|z| < 1$ et convergente en chaque point de ce cercle. D'après les résultats connus de MM. Osgood et Montel, l'ensemble E des points irréguliers de la suite (1) est un continu qui contient au moins un point de la circonférence $|z| = 1$. Voici le problème posé par M. P. Montel :

Trouver les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un continu E *puisse être considéré comme l'ensemble des points irréguliers de la suite* (1).

Posons la définition suivante :

Définition I. — Nous disons que l'ensemble fermé et borné E est un *ensemble* M, si quel que soit l'ensemble E_1 fermé et contenu dans E il existe toujours une portion de E_1, soit E_2, telle que 1° E_2 est la frontière d'un domaine connexe D qui contient le point ∞. 2° chaque point de E appartient ou bien à E_2, ou bien au domaine D.

Alors *la condition cherchée est que le continu* E (contenant au moins un point de la circonférence $|z| = 1$) *soit un ensemble* M.

2. On trouve la même proposition si l'on considère, au lieu des suites de fonctions analytiques, des suites de fonctions harmoniques

$$P_1(x, y),\quad P_2(x, y),\quad \ldots,\quad P_n(x, y),\quad \ldots \tag{2}$$

régulières dans le cercle $|z| < 1$, $z = x + iy$. D'ailleurs, on peut trouver, dans ce cas, les propriétés caractéristiques de la fonction limite

$$f(x, y) = \lim_{n \to \infty} P_n(x, y).$$

Définition II. — Soit E un continu situé dans le cercle $|z| \leqq 1$. Désignons par

(3) $$D_1, \quad D_2, \quad \ldots, \quad D_n, \quad \ldots$$

tous les domaines contigus à E, c'est-à-dire tous les domaines connexes possibles tels que le domaine D_n $(n = 1, 2, 3, \ldots)$, contenu dans le cercle $|z| < 1$, ne contient aucun point de E et chaque point de la frontière F_n de D_n appartient ou bien à E, où bien à la circonférence $|z| = 1$. Nous disons que la suite partielle

(4) $$D_{n_1}, \quad D_{n_2}, \quad \ldots, \quad D_{n_k}, \quad \ldots$$

est *une suite partielle principale* si, quel que soit l'ensemble fermé E_1 contenu dans E, il existe toujours une portion E_2 de E_1 telle que chaque domaine D_n, dont la frontière appartient à E_2, est un domaine de la suite (4).

Cela posé on peut démontrer le théorème :

Théorème. — *Pour qu'une fonction $f(x, y)$ définie dans le cercle $|z| < 1$ soit la limite de la suite* (2), *il est nécessaire et suffisant qu'il existe un continu* E *jouissant des propriétés suivantes :*

1° E *est contenu dans le cercle $|z| \leqq 1$ et contient au moins un point de la circonférence $|z| = 1$.*

2° E *est un ensemble* M.

3° *$f(x, y) = \varphi(x, y)$ en chaque point de* E, *$\varphi(x, y)$ étant une fonction de classe* 1 *au sens de M. Baire.*

4° *$f(x, y) = Q_n(x, y)$ dans D_n, $Q_n(x, y)$ étant une fonction harmonique, régulière dans D_n et D_n un domaine quelconque contigu à* E $(n = 1, 2, 3, \ldots)$.

5° *Ou bien chaque suite partielle D_{m_k} $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ est une suite partielle principale, ou bien il existe une suite partielle principale D_{n_k} $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ telle que chaque fonction $Q_{n_k}(x, y)$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$ est bien déterminée par les valeurs de $\varphi(x, y)$ sur la frontière F_{n_k} de D_{n_k}.*

Mais la question beaucoup plus intéressante : quelles sont les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une fonction $f(z)$ puisse être considérée comme la limite de la suite (1), et reste entière ?

MÉCANIQUE. — *Les vitesses critiques fondamentales d'une voiture automobile.* Note [1] de M. **D. S. de Lavaud**, présentée par M. Rateau.

Je calculerai *les vitesses critiques* liées aux oscillations de l'essieu et des roues d'avant.

Le châssis suspendu, l'essieu entre les pneus et les ressorts, les roues autour des pivots sont trois oscillateurs à réactions réciproques, ayant trois vibrations principales distinctes, *une par degré de liberté*, dont la superposition fournit toute oscillation naturelle. L'axe des roues n'étant pas un axe principal d'inertie ou leur masse n'étant pas bien centrée, il y a résonance si la durée d'un tour de roue atteint une période principale, *calculée sans frottement ni amortissement.*

Des trois vitesses critiques, l'une correspond au roulis du châssis. Sans intérêt, vu sa petitesse, elle influe peu sur les autres, car la masse du châssis est élevée par rapport à celle du train d'avant. Seuls, *deux degrés de liberté et deux vitesses critiques* sont à envisager, celles qui correspondent aux oscillations des roues et de l'essieu. Soient :

I_0, I, I_e les moments d'inertie d'une roue par rapport à son axe et son pivot et celui du train d'avant par rapport à l'axe longitudinal de son centre de gravité;

q, r, les coefficients d'élasticité $\frac{dF}{d\varepsilon}$ des pneumatiques et des ressorts avant;

L, l, l', l'empattement, la voie et l'écartement des ressorts;

P, b, le poids total et la distance à l'essieu arrière de la verticale du centre de gravité de la voiture;

ω, R, γ, la vitesse angulaire, le rayon et l'angle de chasse des roues;

μ_0, le coefficient de rappel élastique d'une roue avant, fonction de l'élasticité et de la réversibilité de la direction;

α, θ, la déviation angulaire de l'essieu et celle des roues autour des pivots.

L'oscillation du moment cinétique $I_0\omega$ provoque les couples gyroscopiques $I_0\omega\frac{d\alpha}{dt}$, sur chaque roue, et $-2I_0\omega\frac{d\theta}{dt}$ sur l'essieu. Celui dû au lacet de la voiture sera négligé; il agit comme un amortissement. J'obtiens ainsi les deux équations différentielles :

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2}+\frac{2I_0\omega}{I_e}\frac{d\theta}{dt}+x_e^2\alpha=0, \tag{1}$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}-\frac{I_0\omega}{I}\frac{d\alpha}{dt}+x_r^2\theta=0, \tag{2}$$

---

[1] Séance du 7 juin 1927.

avec :

(3) $$x_e^2 = \frac{q\,l^2 + r\,l'^2}{2\,I_e},$$

(4) $$x_r^2 = \frac{\mu_0}{I} + \frac{P}{gI}\,\frac{b\,R^3}{2\,L^2}\,\gamma\omega^2 = \frac{\mu_0}{I} + \frac{k\,\omega^2}{I}.$$

q est environ 15 kg : mm pour les pneumatiques confort, au moins le double pour ceux à haute pression, et $r = 4$ kg : mm ordinairement. x_e dépend surtout de l'élasticité des pneumatiques et de la masse des roues; *il donne la partie principale de* I_e. Le coefficient k vient du rappel dynamique d'une roue provoqué par la chasse. Une vibration principale sera $\alpha = \alpha_0 \sin xt$, $\theta = \theta_0 \cos xt$, $n = \frac{\alpha_0}{\theta_0}$ étant imposé et x connu par l'équation du second degré en x^2

(5) $$(x^2 - x_e^2)\,(x^2 - x_r^2) = \frac{2\,I_0^2\,\omega^2}{I I_e}\,x^2.$$

Les racines x et x' sont *réelles et distinctes :* l'une est voisine de x_e et l'autre de x_r. n est positif pour une vibration et négatif pour l'autre.

La résonance a lieu pour $x = \omega$. Si $\omega_e = x_e$, $\omega_r^2(I - k) = \mu_0$, j'obtiens *l'équation aux vitesses critiques*, du second degré en ω^2 :

(6) $$\left(\frac{\omega_r^2}{\omega^2} - 1\right)\left(\frac{\omega_e^2}{\omega^2} - 1\right) = \frac{2\,I_0^2}{I_e(I - k)} = A.$$

ω_e et ω_r sont les vitesses critiques pour l'essieu et les roues pris isolément. Les racines ω et ω' sont *réelles, distinctes* et encadrent ω_e et ω_r. L'une, voisine de ω_e, donne ce qu'on appelle maintenant le *shimmy* et l'autre, voisine de ω_r, ce que j'appellerai le *dandinement*. La résonance affecte surtout l'*essieu* dans un cas et les *roues* dans l'autre. Mais, grâce à la chasse, les roues sont rappelées dynamiquement par un couple en θ et par un autre, *amortisseur*, en $\frac{d\theta}{dt}$. Le dandinement, ainsi *très amorti*, est bien moins violent que le shimmy. D'ailleurs, l'amortissement de l'essieu agit sur le shimmy et celui des roues sur le dandinement, avec très peu d'interférence.

La racine ω' tend vers zéro avec ω_r et μ_0, c'est-à-dire à mesure que la direction est *plus élastique*. L'autre ω s'abaisse avec ω_e, c'est-à-dire à mesure que *les pneumatiques sont moins gonflés et les roues plus lourdes*. L'usage de pneumatiques à *basse pression* et de freins à l'avant a rendu ω_e presque deux fois plus faible. Le shimmy, inconnu autrefois, s'est alors manifesté aux vitesses usuelles.

Le shimmy dépend de l'élasticité de la suspension, mais aussi de celle de la direction, *de sa réversibilité et même de la souplesse de la conduite.*

Si $m = \frac{\omega_e}{\omega_r} > 1$, $\frac{\omega'}{\omega_r}$ est inférieur à l'unité en s'en écartant peu, quels que soient m et A. Au contraire, ω dépasse alors ω_e, leur rapport variant beaucoup avec m et A. Un accroissement de l'angle de chasse, donc de A, *augmente la vitesse de shimmy* et peut la rendre supérieure aux vitesses normales de route.

C'est l'inverse si $m < 1$, le dandinement étant devenu un shimmy particulièrement peu sensible aux modifications de m et A.

De plus, ω est alors très voisin de ω_e et la résonance affecte violemment l'essieu et tout l'avant de la voiture. Le shimmy le plus gênant correspond ainsi au cas où ω_r dépasse ω_e, *la rigidité relative de la direction étant trop élevée.*

Les amortisseurs à frottement peuvent éteindre la résonance par *convergence des oscillations*. Mais, subissant en même temps les déplacements parallèles ou angulaires de l'essieu, ils freinent l'un ou l'autre, mais jamais les deux à la fois. Leur efficacité reste ainsi *incomplète* malgré un serrage très énergique.

MÉCANIQUE. — *Méthodes et appareils pour la mesure de la dureté hertzienne.* Note (¹) de M. **Robert Esnault-Pelterie**, présentée par M. Léon Guillet.

Hertz a donné une théorie de la déformation de deux corps durs et élastiques pressés l'un contre l'autre en se basant uniquement sur les équations générales de l'élasticité et la loi de Hooke. Il définit la dureté d'un corps par la pression p_m qui règne au centre de la surface de contact au moment où une fêlure apparaît dans ce corps. Il n'opérait que sur des corps transparents et cassants et observait le cercle de contact et les fêlures par transparence, le premier étant déterminé par le bord intérieur du premier anneau d'interférence ou par le diamètre de la première fêlure.

Mes méthodes et appareils ont pour but de rendre la théorie de Hertz utilisable pour les corps opaques et spécialement les aciers durs. Ces corps n'étant pas cassants, je modifie la définition de Hertz de la manière suivante : la dureté est mesurée par la pression p_m qui règne au centre du

(¹) Séance du 13 juin 1927.

cercle de contact de deux sphères égales de rayon $r = 1$ au moment où le diamètre de contact cesse de suivre la loi de Hertz :

$$(1) \qquad d = 1,761 \sqrt[3]{\frac{Fr}{E}}$$

(F en kilogrammes, r et d en centimètres, E en kilogrammes par centimètre carré).

Première méthode, premier appareil. — Les deux sphères sont pressées l'une contre l'autre au moyen d'un levier à couteaux permettant de connaître exactement la force totale de pression F. L'une des sphères, préalablement recouverte d'une couche très mince de sulfure d'argent peut, après chaque compression, être présentée devant un microscope pour la mesure de plusieurs diamètres du cercle de contact qui apparaît en sombre sur fond clair. On prend pour valeur de d la moyenne des mesures et l'on trace la courbe $d = f(F)$ qui suit toujours assez exactement et quelquefois à plus du centième la loi (1) jusqu'à un point anguleux au delà duquel elle se poursuit en festons successifs. D'après ma définition, le premier point anguleux indique la charge totale de limite élastique de celle des deux sphères qui a cédé la première.

La mesure de plusieurs diamètres après chaque pression est lente, l'œil se fatigue, et si la couche de sulfure n'est pas très bien réussie, les bords du cercle peuvent être moins bien définis et la position exacte du premier point anguleux peut devenir ambiguë.

Principes utilisés pour éliminer ces inconvénients. — Il fallait trouver une méthode où la mesure dépende directement de l'aire de la surface de contact et non de son diamètre. La résistance électrique R à travers cette surface remplit cette condition et a l'avantage que son inverse soit, théoriquement, proportionnel à d [1]. Pratiquement les résistances additionnelles, surtout celle de la couche de passage, troublent la loi, mais l'alignement des points sur une courbe est tellement meilleur qu'avec la première méthode que les points anguleux ne sont presque jamais ambigus.

Si, par ailleurs, on observe au microscope dans le plan même de la surface de contact, on voit deux cornes lumineuses dont la distance entre pointes devrait être égale au diamètre de contact, mais cela ne se réalise qu'avec les rayons X; avec la lumière visible, les interférences empêchent la lumière de dessiner les pointes extrêmes des cornes (sauf une fois en lumière polarisée sans que j'aie jamais pu reproduire le phénomène) et la

---

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1422.

distance mesurée d_1 est supérieure au d réel. Pratiquement on a la loi

$$d_1 = ad + b. \tag{2}$$

Deuxième méthode, deuxième appareil : Pour séries de mesures sur corps de même E. — On fait, avec le premier appareil, une série unique de mesures de d, puis, avec le second appareil, on mesure pour chaque échantillon $\frac{1}{R}$ et d_1. La courbe $\frac{1}{R} = f(F)$ donne, par son premier point anguleux, la charge totale de limite élastique. Prenant alors, parmi les mesures de d, celles qui sont franchement au-dessous de cette limite, on en déduit un E moyen que la pratique montre être toujours satisfaisant, même si la définition des circonférences de contact était défectueuse. De cet E_m on déduit les d de la loi de Hertz et on leur compare les d_1 mesurés, ce qui détermine a et b par (2).

A partir de ce moment et pour les autres échantillons, il suffit de mesurer $\frac{1}{R}$ et d_1 pour en tirer d par (2), puis E et p_m par les formules de Hertz.

Remarque. — a et b devraient être indépendants de la nature du corps en expérience, je n'ai pas encore assez d'expériences pour être certain qu'en pratique il en est bien ainsi.

Résultats. — Hertz et Auerbach avaient trouvé pour le quartz perpendiculairement à l'axe $p_m = 308$ kg/mm², parallèlement à l'axe $p_m = 230$ kg/mm² dont la moyenne est de 269 kg/mm² et j'ai trouvé pour du cristal de roche 271 kg/mm². Pour du quartz fondu les auteurs ci-dessus donnent 223 kg/mm² et pour de la silice (sable de Fontainebleau) fondue je n'ai trouvé que 189 kg/mm².

Pour différents aciers, j'ai eu :

Qualité du métal essayé.	Charge totale de limite élastique.	Dureté hertzienne.
	kg	kg
Bonnes billes du commerce	65	393
Acier cémenté-trempé très dur	93	458
Acier nitruré n° 2	94	460
Acier nitruré n° 3	165	536
Acier nitruré n° 5	186	577

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les deux moments magnétiques de l'atome.* Note de M. **Raoul Ferrier**, transmise par M. Paul Painlevé.

Je vais rappeler sommairement les deux manières suivant lesquelles on peut tenter d'assimiler, au point de vue magnétique, un atome à un petit aimant (ou à un petit circuit), en mettant en évidence son *moment magnétique :*

1° On mesure les *actions exercées sur la particule* par un champ magnétique donné $\mathcal{H}$; on obtient ainsi un couple et une force résultante. Si le couple était accessible aux mesures, il permettrait de déterminer le moment magnétique M, puisqu'il est égal à $[M, \mathcal{H}]$.

Mais le couple n'est pas accessible dans le cas de l'atome, et l'on doit recourir à l'observation de la force résultante, d'après la déviation qu'elle imprime aux corpuscules projetés, entre les armatures, avec une vitesse convenable. Elle n'existe, d'ailleurs, que *si le champ n'est pas uniforme*, le couple subsistant seul dans le cas contraire. Son expression, en fonction de la déviation observée et du moment M, a été donnée par Gerlach.

Il résulte des expériences effectuées sur l'atome d'hydrogène (¹) que la valeur de M peut être exactement calculée *a priori* en appliquant la force de Lorentz $\frac{e}{c}[v, \mathcal{H}]$ à l'électron mobile sur une orbite qui est précisément celle qu'a déterminée Bohr par l'étude des spectres. La valeur de M, ainsi mesurée et justifiée théoriquement, est le *moment de Bohr*.

2° On peut mesurer aussi le champ magnétique *produit par la particule*. Ce champ dérive du potentiel $\left(M', \operatorname{grad}\frac{1}{r}\right)$, M′ étant le moment magnétique, déterminé de cette nouvelle manière; on appellera *moment de Weiss* sa valeur pour une molécule donnée.

Si l'on cherche à justifier théoriquement cette valeur, d'après les lois ordinaires de l'électromagnétisme, on n'y parvient pas. Le champ magnétique, calculé d'après la formule (I) : $\frac{e}{c}\left[v, \operatorname{grad}\frac{1}{r}\right]$, appliquée à l'électron, conduit à attribuer à l'atome non pas le moment M′, comme le veut l'expérience, mais la valeur M trouvée précédemment par le moment de Bohr, et qui n'a aucune commune mesure avec la valeur du moment de Weiss, M′, directement observée dans le cas des substances magnétiques.

(¹) Phipps et Taylor, *The Physical Review*, 29, 1927, p. 309-320.

Une *molécule isolée* ne pourrait donc pas être assimilée à un aimant élémentaire, puisque l'on mesure deux valeurs différentes, M et M', du moment magnétique, au lieu d'en obtenir une seule indépendante de la méthode employée.

Contrairement à ce qu'ont pu penser certains auteurs, cette discordance entre les deux valeurs M et M' ne constituerait pas une difficulté de la théorie atomique, en admettant, bien entendu, l'exactitude des faits observés. Elle indiquerait seulement que la formule (I), employée pour calculer le champ magnétique d'un électron mobile, est inexacte; cela n'a rien d'étonnant, car on sait déjà que la théorie de Maxwell-Lorentz conduit à un échec lorsqu'on l'applique à la mécanique atomique.

Bien plus, l'indépendance de M et M' entraînerait une conséquence remarquable : si l'on veut satisfaire à l'*égalité de l'action et de la réaction* entre la *molécule isolée* et l'*aimant* producteur du champ, il faut que le couple exercé sur la molécule par l'aimant compense le couple exercé sur l'aimant par la molécule. Cette compensation n'est possible que si les moments M et M' se trouvent placés parallèlement au champ $\mathcal{H}$: dans le cas de l'atome d'hydrogène, l'orbite de l'électron doit donc s'orienter *perpendiculairement au champ magnétique*. C'est précisément ce que vérifient les expériences de Gerlach, ainsi que l'effet Zeeman, qui servent de base aux formules de la quantification.

Je signale, à ce sujet, que j'ai été conduit, dès 1925, à annoncer cette possibilité d'indépendance entre les moments M et M' : j'avais dit que rien ne s'opposait à ce que le moment M' fût nul, comme c'est effectivement le cas pour les corps non magnétiques. On peut préciser ce point de vue ([1]) grâce à une hypothèse complémentaire que voici :

L'étude des équations générales du champ électrique dans le vide

$$\Delta\mathcal{E} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}}{\partial t^2} + \frac{2}{c}\frac{\partial}{\partial t}\operatorname{rot}\mathcal{H},$$

$$\Delta\mathcal{E} = +\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}}{\partial t^2} - \frac{2}{c}\frac{\partial}{\partial t}\operatorname{grad}\mathcal{A}$$

fait apparaître, dans l'expression de la variation d'énergie, pendant le temps dt, le terme $c\,dt\Sigma e\mathcal{A}$, où $\mathcal{A}$ désigne l'*Ampérien* au point occupé par la charge e. Ce terme devrait être nul lorsque l'atome est en régime stable.

([1]) *Les nouveaux axiomes de l'Électronique*, 1925, p. 54 et 55 (Librairie A. Blanchard); *Quelques idées sur l'Électrodynamique*, 1927, p. 23-25 et 35-38 (Librairie A. Blanchard); *L'Oscillateur de Planck* (*Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 585).

Or, une telle condition peut être remplie soit par le fait que $\mathcal{A}$ *est constamment nul sur chacune des charges*, soit parce que les diverses parties de la somme, non nulles séparément, *se compensent sans cesse*.

Le premier cas correspondrait à la molécule *diamagnétique* ($M' = 0$), le second à la molécule *paramagnétique* ($M' \neq 0$), dont la stabilité ne serait ainsi obtenue que par une sorte d'artifice, corrélatif de l'espèce de *remaniement* de la carcasse électronique, observé chez les atomes magnétiques, dans le système périodique de Mendelejeff.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les mélanges binaires de liquides volatils. Cas où les molécules d'un des composants sont partiellement associées.* Note [1] de M. **Félix Michaud**, présentée par M. Jean Perrin.

1. La théorie thermodynamique des mélanges binaires de liquides volatils ne présente pas de difficultés lorsque les deux liquides ont des densités de vapeur normales. Si l'on connaît, pour une température donnée, la pression de vapeur totale P, en fonction de la composition moléculaire x de la phase liquide, on peut en déduire les pressions partielles P_1 et P_2 des deux vapeurs.

Le calcul se fait en partant de la formule de Duhem-Margules

$$(1 - x)\frac{dP_1}{P_1} + x\frac{dP_2}{P_2} = 0,$$

jointe à l'équation donnée par la loi du mélange des vapeurs $P = P_1 + P_2$.

Les valeurs calculées sont en parfait accord avec celles qu'on déduit de l'analyse des distillats.

Les difficultés commencent quand une des vapeurs est partiellement associée.

Si l'on connaît le degré d'association de cette vapeur, étudiée à l'état pur, en fonction de la température et de la pression, on peut encore calculer les pressions partielles par un procédé assez pénible d'approximations successives. C'est ce qu'a fait Zawidzki pour les mélanges d'acide acétique et de toluène.

Dolezalek a proposé une théorie qui semble d'application plus générale. Mais cette théorie nécessite des hypothèses discutables et a soulevé de vives critiques (Patterson, van Laar).

---

(1) Séance du 13 juin 1927.

2. La thermodynamique donne une solution complète de la question dans le cas où : 1° une seule des vapeurs est partiellement associée; 2° il ne se produit pas de combinaison ayant une pression de vapeur sensible; 3° on connait, en fonction de la composition de la phase liquide, la pression de vapeur totale et la composition centésimale des distillats.

Soient P_1 la pression de vapeur partielle du composant 1, supposé normal; P_2 la pression partielle des molécules libres du composant 2; P_3 la pression partielle des molécules associées. La loi du mélange des vapeurs donne $P = P_1 + P_2 + P_3$.

Soient, d'autre part : μ_1 la masse moléculaire du composant 1; μ_2 et $\mu_3 = m\mu_2$ les masses moléculaires du composant 2 libre et associé; M_1, M_2, M_3 les masses des trois vapeurs contenues dans l'unité de volume de la phase gazeuse. Assimilons les vapeurs à des gaz parfaits, nous aurons les équations

$$\frac{\mu_1 P_1}{M_1} = \frac{\mu_2 P_2}{M_2} = \frac{\mu_3 P_3}{M_3}.$$

De l'analyse des distillats on peut déduire la composition moléculaire apparente de la vapeur mixte, calculée en supposant que toutes les molécules sont libres :

$$y = \frac{\dfrac{M_2 + M_3}{\mu_2}}{\dfrac{M_1}{\mu_1} + \dfrac{M_2 + M_3}{\mu_2}} = \frac{P_2 + m P_3}{P + (m - 1) P_3}.$$

La formule de Duhem-Margules est en outre encore valable. x est alors la composition moléculaire apparente du liquide, calculée sans tenir compte de l'association [1].

Enfin on peut utiliser l'équation différentielle d'action de masse

$$\frac{dP_3}{P_3} = m \frac{dP_2}{P_2}.$$

---

(1) Lorsqu'on établit la formule de Duhem-Margules en appliquant le *théorème des transformations à intensités constantes*, on voit immédiatement que cette formule s'étend au cas où il y a association moléculaire (F. Michaud, *Énergétique générale*, p. 149, Gauthier-Villars, 1921). La démonstration directe a d'ailleurs été donnée dans ce cas (*Z. f. phys. Chem.*, 35, 1900, p. 179).

De l'ensemble des relations précédentes on déduit

$$(1-y)\frac{dP}{dy}[|P+(m-1)P_3||y+m(1-x)|-m(1-x)P]$$
$$=(y-x)|P+(m-1)P_3|^2,$$
$$P_1=(1-y)|P+(m-1)P_3|, \qquad P_2=y|P+(m-1)P_3|-mP_3.$$

On peut donc calculer P_1, P_2 et P_3.

3. La théorie précédente donne un procédé pour étudier la dissociation d'un corps volatil : on mélange le corps avec un liquide normal, on construit les isothermes de pression de vapeur et l'on détermine la composition des distillats. Les formules écrites plus haut permettent alors de calculer la pression partielle des molécules libres et celle des molécules associées.

Il est préférable de choisir le liquide auxiliaire de telle sorte que les isothermes soient aussi rectilignes que possible. Les dérivées $\frac{dP}{dy}$ sont alors plus facilement mesurables.

Tel n'est pas le cas des mélanges d'acide acétique et de toluène, à 69°,94, étudiés par Zawidzki. Ces mélanges donnent des isothermes qui présentent un maximum très aplati. On peut cependant, à titre de contrôle, comparer les valeurs de P_1, P_2 et P_3 déterminées par Zawidzki, à celles calculées par les formules, en utilisant la région de la courbe où les mesures de $\frac{dP}{dy}$ présentent le moins de difficulté. Voici les résultats de cette comparaison :

y.	P_1 mes.	P_1 calc.	P_2 mes.	P_2 calc.	P_3 mes.	P_3 calc.
0,6	112,5	112,4	28,6	28,5	70	70
0,7	83	82	31	33,5	80,5	79
0,8	52,7	53	32	30	89	91

On ne pouvait, dans ce cas malheureusement défavorable, espérer une meilleure vérification.

ÉLECTRICITÉ. — *Déformations électriques du quartz.*
Note de M. **Ny Tsi Ze**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les déformations du quartz sous l'influence du champ électrique ont donné lieu, dans ces dernières années, à d'importantes applications, ayant pour origine la possibilité de produire un régime vibratoire au moyen d'un champ alternatif. Toutefois ces déformations ont été peu étudiées d'une manière quantitative, depuis que les frères Curie ont montré l'existence des déformations électriques, phénomène inverse des phénomènes piézoélectriques qu'ils avaient découverts.

C'est pourquoi nous avons entrepris la mesure directe de ces petites déformations par la méthode des interférences lumineuses, dans un champ électrique constant, c'est-à-dire en régime statique. Le dispositif expérimental est analogue à celui de Fizeau, permettant d'observer le déplacement relatif d'une surface fixe et d'une surface subissant le déplacement étudié.

En établissant un champ électrique suivant la direction de l'axe électrique d'un parallélépipède rectangle de quartz, ayant quatre arêtes parallèles à l'axe optique et quatre arêtes parallèles à l'un des axes binaires, nous avons étudié ces déformations dans les trois directions définies par ce parallélépipède.

Déformations dans la direction normale aux axes optique et électrique. — Nous avons étudié ces déformations pour trois lames de 46^{mm},74, 45^{mm},48, 50^{mm},66 de long et de 0^{mm},30, 5^{mm},29, 2^{mm},52 d'épaisseur, et sous des tensions variant de 200 volts à environ 40000 volts.

Lorsque l'on charge positivement la face normale à l'axe électrique qui deviendrait négative par une compression exercée dans la direction de cet axe, la lame se dilate. Inversement la lame se contracte lorsque le sens du champ électrique est contraire au précédent.

Pour les faibles potentiels, nous avons trouvé la déformation prévue, proportionnelle à la différence de potentiel, avec une constante $6,4 \times 10^{-8}$ sensiblement égale à celle déterminée par Curie dans le phénomène direct : Ceci constitue une confirmation numérique de la théorie de Lippmann.

Mais pour les grandes différences de potentiel, un fait nouveau et important se manifeste : la déformation ne croît plus proportionnellement au potentiel, et paraît tendre vers une limite. Il semble que celle-ci serait près d'être atteinte pour une différence de potentiel de l'ordre de 160000 volts.

Dans les limites des potentiels expérimentés, on a la déformation piézo-électrique

$$\Delta l_1 = \pm 6,4 \times 10^{-8} \frac{l}{d} \times 114\left(1 - e^{-\frac{V}{114}}\right),$$

où l est la longueur de la lame dans la direction normale aux axes optiques et électriques, et d l'épaisseur dans la direction de l'axe électrique, Δl_1 est exprimé ici en centimètres et V en unités électrostatiques C. G. S.

Au phénomène inverse de la piézo-électricité se superpose un allongement provenant de la déformation diélectrique, commune à tous les isolants, qui n'est sensible qu'aux potentiels élevés et qui a pour valeur

$$\Delta l_2 = +6,5 \times 10^{-12}\, l \left(\frac{V}{d}\right)^2.$$

Déformations dans la direction de l'axe électrique. — La déformation suivant l'axe électrique est indépendante des dimensions; pour le vérifier nous avons employé plusieurs fois une même lame en diminuant successivement son épaisseur. Nous avons multiplié la déformation en opérant sur une pile de 12 lames, chacune de 5^{mm} d'épaisseur, orientées de telle manière que leurs déformations s'ajoutent. La déformation par unité de longueur est égale et de signe contraire à celle qui se produit dans la direction normale aux axes optique et électrique. A la déformation piézo-électrique est superposée ici une contraction provenant de la déformation diélectrique. Les déformations dans cette direction peuvent être exprimées par la formule

$$\Delta d = \pm 6,4 \times 10^{-8} \times 114\left(1 - e^{-\frac{V}{114}}\right) - 5,5 \times 10^{-12}\frac{V^2}{d}.$$

Déformation dans la direction de l'axe optique. — Dans cette direction, nous avons observé et mesuré un faible allongement avec une lame de $59^{mm},5$ de long et de 3^{mm} d'épaisseur. C'est purement une déformation diélectrique. Elle est donnée par la formule

$$\Delta l' = +6,5 \times 10^{-12} l' \left(\frac{V}{d}\right)^2.$$

C'est probablement à cette déformation qu'il faut rapporter la troisième fréquence naturelle du quartz en résonance [1].

Une lame de quartz dont la déformation est une fois étudiée peut servir pour la mesure des différences de potentiel. Pour éliminer l'effet de la déformation diélectrique, on opère par différence en renversant le champ électrique de sorte que la déformation réelle est alors moitié de celle que l'on observe et les erreurs relatives sont ainsi rendues deux fois plus petites.

Pour donner une idée de la grandeur des phénomènes, on observe, dans la direction normale aux axes optique et électrique, une déformation de 2,9 franges de la raie verte du mercure, au potentiel, de 2430 volts, avec la lame de $46^{mm},74$ de long et de $0^{mm},30$ d'épaisseur; et une déformation de 3,5 franges au potentiel de 39500 volts, avec la lame de $50^{mm},66$ de long et de $2^{mm},52$ d'épaisseur. On réalise ainsi des électromètres pouvant servir à mesurer des tensions très différentes avec des lames plus ou moins épaisses.

Les déformations du quartz paraissent instantanées et dépourvues d'hystérésis; elles sont très régulières.

---

(1) Hund, *Proceedings of the Institute of Radio-Engineers*, 14, iv, août 1926, p. 447.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure du spectre du second ordre du carbone* (C II). Note de M. **C. Mihul**, présentée par M. A Cotton.

Depuis les travaux de A. Fowler (1) et de I.-S. Bowen (2), les termes de multiplicité $r=2$ du spectre du second ordre du carbone (C II) sont assez bien connus. Il n'en est pas de même des termes de multiplicité $r=4$. Bowen a identifié deux seulement de ces termes qui donnent dans l'ultraviolet extrême un triplet $(sp)p\,^4P-(pp)p\,^4S$. J'ai pu identifier trois autres multiplets résultant aussi de combinaisons entre des termes de multiplicité $r=4$: un triplet $^4P\,^4S$, un multiplet $^4P\,^4P'$ (3) et un multiplet $^4P\,^4D$. D'après la théorie de Hund, les termes S, P' et D forment un groupe qui semble correspondre à la configuration électronique $(sp)n'p$, avec un électron sur l'orbite $2s$, un autre sur l'orbite $2p$ et le troisième sur une orbite $n'p$; le terme P avec lequel ils se combinent correspond probablement à la configuration $(sp)ns$ dans laquelle le troisième électron se trouve sur une orbite ns (4). Si l'on attribue au terme $(sp)ns\,^4P_1$ la valeur 50000,00 on trouve pour les autres valeurs :

$(sp)ns$		$^4P_1=50000,00$	
		$^4P_2=49976,40$	
		$^4P_3=49931,45$	
$(sp)n'p$	$^4S_2=32276,22$	$^4P'_1=30539,55$	$D'_1=35270,07$
		$^4P'_2=30523,24$	$D'_2=35255,82$
		$^4P'_3=30500,97$	$D'_3=35230,72$
			$D'_4=35198,22$

déduites des combinaisons données par le tableau suivant :

(1) A. Fowler, *Proc. Roy. Soc. London*, **105**, 1924, p. 299.

(2) I.-S. Bowen, *Phys. Rev.*, **29**, 1927, p. 231.

(3) J'avais d'abord attribué ce multiplet au C III et lui avais assigné le type $^3D\,^3D$ (*Bull. Soc. française Phys.*, n° **243**, 1927, p. 395).

(4) Les valeurs de n dans ns et de n' dans $n'p$ sont probablement égales à 3.

Multiplet $(sp)\,ns\,{}^4P - (sp)\,n'p\,{}^4S$.

	$^4P_3$		$^4P_2$		$^4P_1$	
i	3		2		1	
λ	5662,49		5648,11		5640,55	
ν	17655,19	44,95	17700,14	23,72	17723,86	$^4S_2$

Multiplet $(sp)\,ns\,{}^4P - (sp)\,n'p\,{}^4P$.

	$^4P_3$		$^4P_2$		$^4P_1$	
i	5		3			
λ	5145,12		5133,25			
ν	19430,49	44,93	19475,42			$^4P'_3$
	22,29		22,24			
i	3		1		3	
λ	5151,03		5139,12		5132,90	
ν	19408,20	44,98	19453,18	23,57	19476,75	$^4P'_2$
			16,30		16,34	
i			3		0	
λ			5143,43		5137,21	
ν			19436,88	23,53	19460,41	$^4P'_1$

Multiplet $(sp)\,ns\,{}^4P - (sp)\,n'p\,{}^4D$.

	$^4P_3$		$^4P_2$		$^4P_1$	
i	3					
λ	6784,51					
ν	14733,23					$^4D_4$
	32,22					
i	0		1			
λ	6800,38		6779,91			
ν	14701,01	44,39	14745,40			$^4D_3$
			24,82			
i			0		1	
λ			6791,34		6780,47	
ν	[14675, 7]		14720,58	23,60	14744,18	$^4D_2$
					14,45	
					0	
					6787,12	
			[14706, 1]		14729,73	$^4D_1$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductivité de l'acide fluorhydrique.* Note de M. **Maurice Auméras**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'application d'une méthode expérimentale purement chimique nous a conduit dans un précédent travail (¹) à admettre, tout au moins dans les conditions de nos expériences (²), une seule dissociation de l'acide fluorhydrique suivant l'équilibre

$$\overset{+}{H} + \overset{-}{F} \rightleftharpoons HF.$$

La constante de dissociation électrolytique correspondant à cet équilibre serait, à 25°, d'après nos déterminations, égale à

$$16,7.10^{-5} \text{ (unité de volume : le litre).}$$

A la même température et pour des solutions suffisamment concentrées, H. Pick (³) envisage une dissociation complexe de l'acide fluorhydrique exprimée, à 25°, par les équations

$$(\overset{-}{F})(\overset{+}{H}) = 7,2.10^{-4}(HF),$$
$$(HF)(\overset{-}{F}) = \frac{1}{5,5}(\overset{-}{HF_2}).$$

Les constantes $7,2.10^{-4}$ et $\frac{1}{5,5}$ sont calculées par H. Pick à partir des mesures de la conductivité électrique de l'acide fluorhydrique dues à W. Ostwald (⁴).

Nous nous sommes proposé d'étudier à nouveau cette conductivité en opérant sur l'acide fluorhydrique rigoureusement pur, alors que W. Ostwald reconnaît que l'acide employé par lui contenait de petites quantités d'acide hydrofluosilicique.

Ne pouvant disposer d'appareil distillatoire en platine, nous avons pensé réaliser la distillation dans la paraffine, à la température ambiante, en produisant un vide suffisant dans l'appareil. Dans ce but, sous une cloche en

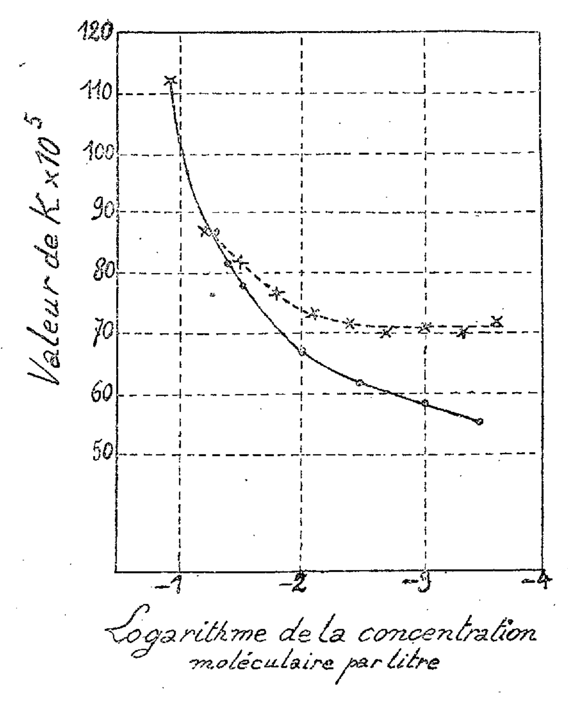
(¹) M. Auméras, *Contribution à l'étude des équilibres ioniques* (*Thèse*, Montpellier, 4 décembre 1925).

(²) Grand excès d'ions $\overset{+}{H}$ par rapport aux ions $\overset{-}{F}$.

(³) H. Pick, *Nernst Festschrift*, 1912, p. 374.

(⁴) W. Ostwald, *Journ. für prakt. Chem.*, 32, 1885, p. 303.

verre bien paraffinée, dans laquelle nous faisons le vide, nous avons placé côte à côte deux cuvettes en paraffine, l'une contenant une solution concentrée d'acide fluorhydrique, l'autre de l'eau bidistillée. Ainsi l'acide fluorhydrique distillait de la solution initiale dans l'eau pure. Nous nous sommes assuré qu'aucun corps volatil (autre que l'eau) ne distillait avec l'acide fluorhydrique, les conductivités électriques des solutions préparées à partir, soit des premières portions distillées, soit des dernières, étant les mêmes.



Nous avons déterminé par la méthode de Kohlrausch et à différentes concentrations la conductivité électrique des solutions d'acide fluorhydrique ainsi obtenues. La préparation des solutions acides à la concentration voulue était toujours faite par pesée pour éviter l'emploi de pipettes en verre et en opérant dans des capsules en platine ou des récipients en paraffine. A aucun moment l'acide n'était au contact du verre. La cuve électrolytique était recouverte d'une épaisse couche de paraffine, ainsi que les montants en verre des électrodes.

A l'aide de nos résultats, nous avons calculé la valeur de K correspondant à l'équation

$$(\overset{+}{\mathrm{H}})\,(\overset{-}{\mathrm{F}}) = \mathrm{K}\,(\mathrm{HF}).$$

Ces valeurs sont représentées par la courbe en trait plein de la figure ci-jointe, une courbe en pointillé, dessinée sur la même figure, représente d'autre part les valeurs de K tirées par H. Pick des valeurs d'Ostwald.

Nous voyons que les deux courbes qui coïncident pour les fortes concentrations s'écartent l'une de l'autre à mesure que la dilution augmente. Nous supposons que ces différences sont dues aux impuretés conductrices contenues dans l'acide employé par W. Ostwald.

D'autre part, pour des dilutions comprises entre 128 et 1024 litres par molécules grammes de HF, H. Pick admet l'existence d'un palier correspondant à une valeur constante de K : $7,2.10^{-4}$. Ce palier n'existe pas sur notre courbe.

De nos nouvelles expériences, il ressort que la valeur de la constante K est nécessairement inférieure à la valeur $7,2.10^{-4}$ proposée par H. Pick. Toutefois les mesures de la conductivité des solutions aqueuses d'acide fluorhydrique ne peuvent nous renseigner sur la valeur de cette constante, aucun palier ne se dessinant sur notre courbe et les résultats, pour les solutions extrêmement diluées, étant faussés par la dissociation électrolytique propre de l'eau. Seule la méthode indiquée dans notre thèse, dans laquelle un grand excès d'ions $\overset{+}{H}$ par rapport aux ions $\overset{-}{F}$ masque la seconde dissociation de l'acide fluorhydrique, peut nous conduire à la valeur de la constante cherchée : $16,7.10^{-5}$ à 25°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition par l'eau du phosphate monocalcique*. Note de MM. **A. Sanfourche** et **B. Focet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours de recherches sur la constitution et l'analyse des superphosphates, nous avons été amenés à reprendre les déterminations de Joly sur la décomposition qu'éprouve le phosphate monocalcique en solution aqueuse [1]. On sait qu'il en résulte la mise en liberté d'acide orthophosphorique, avec précipitation de phosphate dicalcique :

$$2(PO^4)^2CaH^4 = 2PO^4H^3 + (PO^4)^2Ca^2H^2.$$

Nous avons opéré à 20° en dissolvant du phosphate monocalcique cristallisé, $(PO^4)^2CaH^4$, H^2O, dans l'eau distillée exempte de gaz carbonique,

(1) Joly, *Comptes rendus*, 97, 1883, p. 1480.

agitant 2 heures, puis titrant l'acide mis en liberté. D'après l'équation ci-dessus, on peut en déduire le poids de sel entré en réaction, et par suite le degré de décomposition, qui a été trouvé le suivant :

Grammes de sel (compté anhydre) dans 100 d'eau...	1	1,5	2	2,5	5	15	25	40	50	60	63
Fraction décomposée R........	0	0,010	0,038	0,067	0,136	0,265	0,323	0,365	0,388	0,404	0,407

Les résultats de Joly, relatifs à la température de 15°, étant représentés par la courbe A, les nôtres (20°), figurés par la courbe B, en diffèrent assez peu, mais s'alignent avec plus de régularité. Joly admettait que la limite théorique d'équilibre (qu'il n'a d'ailleurs pas obtenue) correspond à la décomposition de la moitié du phosphate monocalcique en solution, bien qu'on sût que cette limite est variable avec la température et s'élève avec elle. Le tableau ci-dessus montre qu'à 20° elle atteint seulement pour la solution saturée en phosphate monocalcique (63 pour 100), la valeur 0,407.

On observera que la courbe ne part pas de l'origine, mais d'un point d'abscisse égale à la concentration 1,3 pour 100. Les solutions plus étendues ne manifestent aucune précipitation et ne sont pas acides au méthyl-orange. Il ne saurait s'agir d'un faux équilibre, car même en agitant longtemps, en frottant les parois du récipient, ou en ensemençant avec une trace de phosphate dicalcique, la solution demeure stable. On ne peut objecter non plus que l'apparition d'acidité est masquée par le phosphate dicalcique qui reste dissous, car la solubilité de ce sel, que nous avons déterminée être de 0^g,1 par litre, corespondrait seulement à la décomposition de 0^g,017 de phosphate monocalcique pour 100 d'eau. Ceci ne saurait modifier sensiblement le point de départ de la courbe.

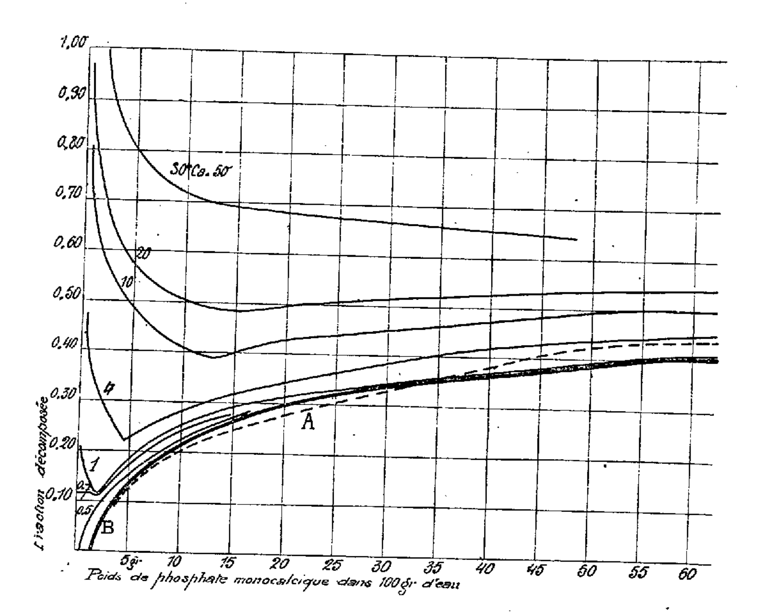
Il est remarquable que, contrairement à ce qui se passe avec la plupart des autres sels décomposables par l'eau [SO^4Hg (1), sels d'antimoine et de bismuth (2), etc.], pour lesquels la réaction est limitée par l'acide mis en liberté, conformément à la loi d'action de masse et par conséquent la décomposition d'autant plus avancée que la concentration est plus faible, le phosphate monocalcique est d'autant plus décomposé que sa concentration est plus élevée.

Influence du sulfate de calcium semi-hydraté. — Le sulfate de calcium

(1) H. Le Chatelier, *Comptes rendus*, **98**, 1884, p. 675.

(2) Ditte, *Comptes rendus*, **79**, 1874, p. 956 et H. Le Chatelier, **100**, 1885, p. 737.

exerce sur cette décomposition une influence singulière : à l'état de gypse, son effet est nul, tandis qu'à l'état de semi-hydrate, non seulement il modifie en l'élevant le taux de la décomposition, mais encore il en change complètement l'allure.



A défaut des résultats détaillés, qui seront donnés dans un autre Recueil, le diagramme montre que, lorsque sa proportion atteint 0,7 (calculé anhydre) pour 100 d'eau, la courbe est constituée par deux branches, dont la première est horizontale. A partir de 1 pour 100 (solubilité limite de $SO^4Ca, \frac{1}{2}H^2O$), la première branche est descendante, indiquant que, jusqu'à une certaine concentration en phosphate, variable avec la proportion de sulfate de calcium la décomposition se comporte comme celle des autres sels; la seconde partie de la courbe rappelle la marche de la décomposition du phosphate pur, avec une limite d'autant plus élevée qu'il y a davantage de sulfate de calcium.

Pour une teneur de 50 SO^4Ca pour 100 d'eau (53,3 $SO^4Ca, \frac{1}{2}H^2O$), la branche descendante subsiste seule : le phosphate monocalcique rentre dans la règle commune, la limite de décomposition correspondant à un rapport $R = 0,653$ pour une concentration de 40 pour 100 en phosphate.

La raison de cette action spécifique du sulfate de calcium semi-hydraté pourrait être la formation d'un sel double avec le phosphate dicalcique provenant de la réaction; ce dernier plus ou moins soustrait de ce fait à

l'action dissolvante de l'acide phosphorique, la réaction inverse serait entravée, donc l'équilibre déplacé en faveur de la réaction directe. Cependant, nous n'avons pu isoler de composé défini, mais seulement constater une diminution de la solubilité du gypse formé par l'hydratation du semi-hydrate en même temps que le phosphate dicalcique prend naissance. Comme ce fait ne se produit pas si les deux sels sont mélangés directement il peut être l'indice de la formation de cristaux mixtes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Alliages devant résister aux effets d'un gradient alternatif de températures et en particulier, alliages pour moules de verrerie fine.* Note de MM. **Paul Bauret**, **Albert Portevin** et **Pierre Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le choix d'un alliage pour moules métalliques destinés à fabriquer des objets en série, en partant de la matière à l'état fondu (moules de fonderie) ou pâteux (moules de verrerie), offre un exemple remarquable d'un problème industriel complexe, en raison du nombre de ses variables.

Les qualités requises pour le métal sont les suivantes :

1° Résistance à la fissuration réticulaire sur la face de travail du moule, soumise à des alternatives de chauffes et de refroidissements, alors que l'autre face est refroidie par l'air ou par l'eau. Cette fissuration résulte de l'inégale dilatation du métal, comme l'a montré Tschernoff pour les canons. Elle est fonction de la dilatabilité, de la capacité de déformation, de la conductibilité et de la diffusibilité thermiques du métal et des anomalies de ces propriétés au voisinage des points de transformation ; elle dépend aussi de l'épaisseur des parois et des conditions de travail du moule : rythme des opérations, nature et température de la matière moulée, contact, masse et dimensions relatives de la pièce et du moule, mode de refroidissement, etc.

2° Dureté suffisante et faible viscosité aux températures atteintes pendant le travail.

3° Oxydabilité faible.

4° Aptitude au forgeage (quand on doit proscrire tout défaut physique du moule), à l'usinage et au polissage.

5° Prix de revient en rapport avec la durée de service du moule et la valeur des objets fabriqués.

Cette énumération montre qu'on ne saurait pratiquement aborder une étude systématique complète du problème et que celui-ci ne peut comporter de solution générale. En effet, il est impossible de réunir dans un même alliage certaines des qualités énoncées : c'est ainsi que les alliages peu dilatables connus sont mauvais conducteurs thermiques, et que la faible viscosité à chaud s'oppose à l'aptitude au forgeage. Il faut donc donner la

prépondérance à certaines propriétés, suivant les données particulières du problème. La connaissance des diverses variables et la détermination préalable des propriétés physiques des alliages permettent, dans certains cas, d'arriver à une solution acceptable par approximations successives.

A titre d'exemple, nous citerons les résultats obtenus, après plusieurs années d'essais, pour les moules destinés au flaconnage fin, travaillant en grande série, et jusqu'alors fabriqués le plus souvent en fonte spéciale de provenance étrangère.

Étant donné le rythme lent des opérations (soufflage à la main) et le refroidissement extérieur à l'air, les propriétés calorifiques du métal n'ont qu'une importance secondaire. Par contre, le métal doit être susceptible d'un poli parfait et durable, tant pour obtenir l'éclat superficiel des pièces que pour éviter l'adhérence du verre et du moule.

Il faut donc choisir un alliage exempt de défauts physiques, par conséquent forgeable, dépourvu de transformations, et chimiquement homogène, c'est-à-dire constitué par une solution solide. Les études poursuivies par l'un de nous au laboratoire des Aciéries d'Imphy sur les propriétés physiques des alliages de nickel fournirent les données initiales du problème, et les essais pratiques effectués aux Verreries de Montenon conduisirent à l'adoption, *à l'état forgé*, de ferronickels additionnés de chrome et de tungstène. Ces ferronickels complexes appartiennent à la famille des alliages utilisés dans l'industrie de l'ammoniac synthétique, mais ils diffèrent de ces derniers par une moindre dilatabilité et par une plus grande facilité de forgeage : ces modifications ont été obtenues par un accroissement des teneurs en fer et en manganèse et par une réduction des teneurs en chrome et en tungstène.

Ces alliages sont définis par leurs propriétés physiques : à 20°, leur dilatabilité et leurs coefficients de conductibilité thermique sont respectivement voisins de 8.10^{-6} et 0,02 C. G. S.; à la même température et à l'état d'emploi, c'est-à-dire à l'état forgé et recuit, leur ténacité est d'environ 65 kg : mm² et leur allongement de rupture atteint 30 pour 100. Leur vitesse d'extension visqueuse (mesurée sur fils de $0^{mm},23$ de diamètre) n'excède pas 2.10^{-3} mm : heure à 600° sous la charge de 10 kg : mm².

Les meilleurs moules en fonte sont mis hors de service après 50000 opérations au plus en donnant des flacons de surface médiocre, alors qu'avec les alliages définis ci-dessus, après plus de 2 millions d'opérations, on continue à obtenir des flacons dont l'éclat leur permet de rivaliser avec les flacons taillés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une relation entre l'activité des ions* H^+ *et celle des cations métalliques dans une solution de sels de métaux lourds.* Note ([1]) de Mlle **M. Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans aucun des travaux relatifs à l'hydrolyse des sels ne figurent de données suffisantes pour établir une relation entre l'activité des ions H^+ et celle des ions métalliques en fonction de la dilution. Aussi m'a-t-il paru intéressant d'entreprendre cette étude.

Les expériences ont porté sur les sulfates et nitrates de cuivre, de cadmium et de zinc, à des concentrations allant de $\frac{M}{2}$ à $\frac{M}{2048}$.

Les activités des ions H^+ étaient déterminées le plus souvent électrométriquement, soit par l'électrode à hydrogène, soit par l'électrode à quinhydrone, plus rarement par une méthode colorimétrique.

Par définition, l'activité ([2]) a_+ des ions métalliques satisfait à la relation :

$$E = E_0 + \frac{RT}{2F} L_n a_+, \tag{1}$$

où E est le potentiel de l'électrode.

Soit m_+ la molalité ([3]) des cations qui, dans les solutions étudiées, était égale à la molalité m du sel ; le coefficient d'activité γ_+ correspondant est défini par :

$$\gamma_+ = \frac{a_+}{m_+} = \frac{a_+}{m}.$$

En remplaçant a_+ par sa valeur dans l'équation (1) on obtient :

$$E = \left(E_0 + \frac{RT}{2F} L_n \gamma_+\right) + \frac{RT}{2F} L_n m. \tag{2}$$

La quantité entre parenthèses, que l'on peut désigner par E'_0, était calculée pour chaque valeur expérimentale de E. Comme à dilution infinie γ_+ est égal à 1, E_0 représente la limite de E'_0 pour $m = 0$ et peut être obtenu

---

([1]) Séance du 20 juin 1927.

([2]) Les notations utilisées sont celles de Lewis ; voir en particulier G. N. Lewis et M. Randall, *J. Am. Chem. Soc.*, **43**, 1921, p. 1112.

([3]) La molalité est le nombre de molécules-gramme, ou d'ions-gramme, pour 1000^g d'eau. On sait que l'emploi de cette variable conduit à des résultats plus simples que celui de la « concentration » (par litre de solution).

par extrapolation de la courbe des variations de E'_0 en fonction de m. L'activité a_+ se calcule alors au moyen de l'équation (1).

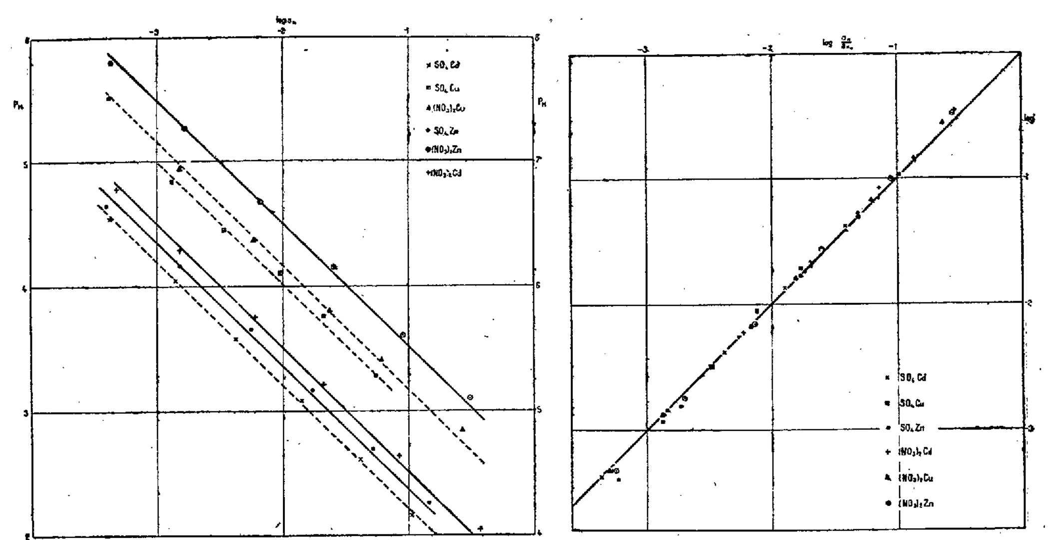


Fig. 1. — La graduation de droite des pH correspond aux droites en traits pleins; celle de gauche aux droites en pointillé.

Fig. 2.

Si l'on représente graphiquement les résultats expérimentaux en portant en abscisses $\log m$ et en ordonnées d'une part $\log a_+$, d'autre part pH, on obtient dans les deux cas six droites, relatives chacune à l'un des sels étudiés.

Les résultats sont beaucoup mieux coordonnés si l'on élimine la molalité. En effet, comme le montre la figure (1) la variation de $\log a_+$ en fonction du pH est représentée par six droites parallèles entre elles et de coefficient angulaire égal à -1. Ce qui conduit à la relation :

$$a_+ = k a_{\mathrm{H}}. \tag{3}$$

où a_{H} est l'activité des ions H^+ et k une constante dépendant du cation et de l'anion associé à celui-ci.

Le faisceau de ces six droites parallèles peut être ramené à une droite unique (*fig.* 2) si l'on opère une réduction convenable des coordonnées. En effet, les états standards adoptés sont : $a_+ = 1$ pour le cation métallique et $a_{\mathrm{H}} = 1$ (électrode normale à hydrogène) pour l'ion H^+.

Mais, si l'on prend pour valeur de référence de ce dernier ion l'activité a_{H_0} dans la solution où les cations métalliques sont eux-mêmes à leur

état standard ($a_+ = 1$), on a, en désignant par $a'_H = \frac{a_H}{a_{H_0}}$ la nouvelle valeur de l'activité et en remarquant que, d'après l'équation (3), $k = \frac{1}{a_{H_0}}$:

$$a_+ = a'_H.$$

En résumé, ces recherches montrent que, dans les solutions de sulfates et de nitrates de zinc, de cadmium et de cuivre, l'activité de l'ion métallique est, à toute concentration comprise entre $\frac{M}{2}$ et $\frac{M}{2048}$, proportionnelle à celle de l'ion H^+. Pour tous les sels, par le choix d'une correspondance entre les états stantards des deux sortes d'ions, la constante de proportionnalité peut être égalée à un. Dans ces conditions, les activités des deux ions sont égales entre elles à toute dilution.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle que joue dans le déplacement de Kundt l'intensité du maximum d'absorption.* Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Perrin.

Dans une Note précédente [1], j'ai montré que la règle de Kundt, laquelle fait uniquement intervenir dans le déplacement des maxima d'absorption le pouvoir réfringent du solvant, doit être complétée par l'introduction d'un terme de densité et peut alors être mise sous la forme quantitative : *Le déplacement vers le rouge est la différence de deux termes respectivement proportionnels aux accroissements de l'indice et de la densité du solvant.*

Cette loi ne se vérifie toutefois qu'autant que l'intensité de la bande d'absorption se conserve d'un solvant à l'autre. En d'autres termes, les coefficients de proportionnalité à l'indice et à la densité paraissent être fonctions de cette intensité. C'est du moins ce qui résulte de l'étude que j'ai faite au spectrophotomètre Yvon de la bande verte d'absorption de l'éosine. J'ai mesuré, en différents points de l'intervalle 5000-5400 Å, l'intensité de celle-ci sur huit solutions obtenues en étendant à 100^{cm^3}, avec différents solvants, 5^{cm^3} d'une même solution alcoolique. Les solvants étaient, pour les trois premières solutions, des mélanges, d'eau et d'un liquide A, glycérine-alcool, de même densité que l'eau; pour les cinq dernières, des mélanges d'alcool et d'un liquide de B, benzine-essence minérale, de même densité que l'alcool. Pour les solutions de la première

(1) P. Vaillant, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 939.

catégorie et les deux plus riches en alcool de la seconde, l'intensité du maximum d'absorption est très sensiblement la même, mais à mesure qu'augmente la proportion de liquide B, la fluorescence diminue et concurremment l'absorption au niveau de la bande en sorte que dans la solution 8, formée exclusivement de liquide B, cette absorption n'a plus que la moitié de sa valeur primitive. Or, tandis que pour les cinq premières solutions le maximum se déplace vers le rouge en conformité avec la loi formulée, lorsqu'on passe aux suivantes, malgré l'augmentation continue d'indice et la constance de la densité, le maximum rétrograde progressivement vers le violet.

Le tableau suivant rassemble les résultats obtenus : d et n représentent la densité et l'indice pour $\lambda = 5200^{\text{A}}$ rapportés à la température de 24°, α_m le coefficient déduit de la formule d'absorption

$$\alpha_m = \frac{1}{l}\log\frac{I_0}{I},$$

où I_0 et I sont les intensités au niveau du maximum avant et après la traversée d'une épaisseur l de liquide; λ_m désigne d'autre part le λ correspondant au maximum d'absorption tel qu'il se tire des mesures ([1]), λ'_m le λ correspondant au maximum calculé d'après la formule conforme à la loi précédemment énoncée

$$\lambda'_m = 4108 + 1037\,n - 394\,d,$$

	n.	d.	α_m.	λ_m.	λ'_m.
1	1,3412	0,9885 ([2])	0,229	5109	5109
2	1,3708	»	0,230	5140	5140
3	1,4060	»	0,231	5177	5176
4	1,3679	0,8030	0,230	5212	5211
5	1,3886	»	0,229	5232	5232
6	1,4084	»	0,223	5238	5252
7	1,4401	»	0,188	5237	5285
8	1,4614	»	0,109	5232	5308

Il n'y a d'écart entre λ_m et λ'_m que pour les trois dernières solutions. Cet écart augmente à mesure que diminue l'absorption mais en variant beaucoup moins vite que cette dernière. Les mesures sont d'ailleurs trop peu nombreuses pour permettre d'établir le lien entre les deux variations.

(1) En fait α_m, de même que λ_m, se détermine par interpolation sur la courbe d'absorption relative à l'intervalle spectral examiné.

(2) La densité est diminuée par rapport à l'eau pure du fait de l'addition de la solution alcoolique d'éosine utilisée comme solution primitive.

MINÉRALOGIE. — *L'alumine hydratée des bauxites.*
Note de M. **Jacques de Lapparent**, transmise par M. Pierre Termier.

On sait que, dans les bauxites, l'alumine existe soit à l'état d'hydrate, soit à l'état d'alumino-silicate hydraté. J'ai montré naguère que des combinaisons réalisées de ces corps s'y individualisaient sous forme cristalline et que l'on peut *voir*, dans les bauxites, des cristaux d'hydrargillite, de kaolinite et d'halloysite [1].

Mais certaines bauxites ont une composition qui correspond, à très peu près, à celle de l'alumine monohydratée ($Al^2O^3H^2O$), différente de la composition de l'hydrargillite ($Al^2O^33H^2O$). Boehm [2] étudiant les spectres de rayons X produits par une bauxite de cette sorte a montré qu'on pouvait en déduire l'existence d'un corps qui morphologiquement correspond à l'oxyde de fer monohydraté nommé lepidocrocite par les minéralogistes français et anglais (= rubinglimmer des auteurs allemands) et qui diffère de l'hydrate d'alumine de même composition centésimale connu sous le nom de diaspore, lequel correspond morphologiquement à la goethite, autre manière d'être de l'oxyde de fer monohydraté.

J'ai pu *voir* dans quelques bauxites dont l'état cristallin est particulièrement développé, des *cristaux* dont il ne fait pas de doute, étant donnée la composition chimique globale de la roche, qu'ils sont formés par un monohydrate d'alumine.

Ces cristaux sont orthorhombiques et réalisent une forme qu'on peut interpréter comme celle qui résulte de la combinaison du prisme $m(110)$ et de la base $p(001)$. L'angle aigu des faces m est de 63°. L'arête de l'angle obtus est le plus souvent émoussée et les cristaux projetés sur p ont l'aspect d'un fuseau. Le minéral possède un clivage facile parallèle à la direction $g^1(010)$. Le plan des axes optiques est situé dans p, la direction de vibration la plus lente (n_g) étant parallèle à la macrodiagonale du prisme. La biréfringence maxima, telle qu'on peut la déduire des teintes observées entre nicols croisés et de l'épaisseur mesurée des cristaux, est de l'ordre de 0,020. Quant à l'indice moyen de réfraction, le contact de ces cristaux avec des masses d'hydrargillite qu'on peut observer dans certaines roches indique qu'il est un peu supérieur à celui de ce dernier minéral.

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 581.

(2) J. Boehm, *Ueber Aluminium und Eisenhydroxide* (*Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 11, 1925, p. 203).

Il y a, comme les minéralogistes s'en rendront compte, des différences essentielles entre cet hydrate d'alumine et le diaspore. Ainsi se montre *réalisée minéralogiquement* une espèce nouvelle d'alumine monohydratée.

Je ne puis scientifiquement certifier qu'elle est identique à celle dont Boehm a montré *l'existence physique*. L'identité est bien probable mais il faudrait pour qu'elle fût prouvée que des spectres identiques fussent obtenus par l'action des rayons X sur le minéral qui vient d'être décrit et sur celui de Boehm. Je n'ai pu encore, pour des raisons d'ordre pratique, réaliser les expériences nécessaires, mais il est à craindre que celles-ci ne nous fournissent peu de renseignements, les bauxites dans lesquelles se trouvent les cristaux nets, bien que très petits ($0^{mm},03$ de plus grande dimension), de ce nouveau monohydrate d'alumine n'étant pas pures de toute argile cristalline, et devant, de ce fait, donner des spectres complexes.

En tout état de cause, je propose de nommer *boehmite* l'hydrate d'alumine à une molécule d'eau dont je viens de donner la description. Boehm a nommé *bauxite* l'hydrate d'alumine dont il a obtenu le spectre. S'il y a identité de la *boehmite* et de la *bauxite*, il me sera pardonné par le savant dont l'importance des recherches sur l'hydratation de l'alumine n'a pu échapper à personne de substituer à l'appellation de *bauxite* qui prête à confusion la dédicace de son propre nom.

J'ajouterai que la boehmite est bien développée dans les gisements de bauxite de l'Ariège (Péreille, Cadarcet) et au gisement du Recoux dans le Var.

HYDROLOGIE. — *Sur l'alimentation des eaux des alluvions.* Note de M. F. **Dienert**, transmise par M. Pierre Termier.

Dans le cours des six dernières années, j'ai eu l'occasion d'étudier en détail la circulation des eaux des alluvions des Vals de Loire. Je crois utile dans cette Note de faire connaître succinctement quelques observations que j'ai pu faire dans le cours de ces études.

L'eau circulant dans les alluvions des Vals de Loire vient, en temps normal, des coteaux. Les alluvions sont très perméables, mais cette circulation y est très lente. Les expériences que nous avons faites montrent que l'eau des coteaux parcourt ces terrains alluvionnaires avec une vitesse journalière de 1 à 3^m.

Les eaux du coteau proviennent souvent de terrains calcaires. Elles ont

une composition différente de celle de la Loire; elles sont un peu plus riches en silice et en acide sulfurique.

	Résultats en milligrammes par litre.	
	Eau du coteau.	Eau du fleuve.
Chaux..................	90 à 140	20 à 40
Silice....................	12 à 18	7 à 10
Acide sulfurique..........	12 à 18	8 à 12

Les eaux du coteau ont une température constante aux environs de 11°; celle du fleuve varie de 2 à 27°.

Il est donc facile, surtout aux environs de la Loire, de distinguer l'eau du fleuve de l'eau du coteau. Jusqu'à 300 ou 400^{m} du fleuve, la composition chimique des eaux des alluvions est variable. Après une crue, c'est-à-dire peu après l'infiltration des eaux du fleuve dans le sol, l'alcalinité de l'eau augmente en se dirigeant du fleuve vers le coteau. Plus loin, cette alcalinité est constante et ressemble à celle des eaux du coteau. Des expériences de colorations que nous avons faites, il résulte que cette composition variable des eaux des alluvions près du fleuve provient de mélanges de l'eau du fleuve avec l'eau s'écoulant ormalement du coteau.

En certains points, au moment des crues, on voit à la surface de la nappe l'eau du fleuve refluer vers le coteau, tandis qu'en profondeur règne une circulation inverse, l'eau du coteau se dirigeant vers le fleuve.

Cette observation a son importance quand il s'agit d'étudier un très important captage dans ces alluvions et qu'on veut obtenir des eaux fraîches.

Quand on pompe dans les alluvions on attire des eaux du côté du coteau et du côté du fleuve. Ce sont ces dernières, les plus contaminées et les plus chaudes en été, qui doivent faire l'objet de toute notre attention.

Supposons que les eaux de la Loire, s'infiltrant en temps de crue, circulent vers le coteau en surface et en profondeur : quand on pompe dans les alluvions, on crée une circulation sensiblement identique à celle du temps de crue et l'on attire facilement de l'eau chaude de la Loire, en été, en ce point. S'il existe au contraire une double circulation, ce pompage attirera de l'eau chaude en été en surface, mais, en profondeur, on récoltera des eaux du coteau, qui, plus denses et plus froides, se sont accumulées sous le fleuve. C'est ce que l'expérience a vérifié.

Mais en dehors des eaux circulant dans le fleuve et de ces eaux venant du coteau et qui s'accumulent sous la Loire, il y en a d'autres, s'écoulant

plus ou moins parallèlement et sous le fleuve, et qui proviennent surtout des infiltrations de la Loire en temps de crue. Ces infiltrations ont lieu, le plus souvent, à une époque où les eaux du fleuve sont fraîches. Aussi, en été, si l'on fonce des puits instantanés dans le courant de la Loire, on trouve, à quelques mètres en dessous du lit, des eaux ayant à peu près la même composition que celles du cours d'eau, mais à une température de 12 à 13°, tandis que celle du fleuve est à 18 ou 20°.

Ce cours d'eau souterrain n'est pas très puissant. D'après mes expériences il parcourt environ 2^{m} par jour, soit, sur un front de 1000^{m}, un débit journalier de 2500^{m^3} d'eau, insignifiant, comparé à celui de la Loire.

Quand on pompe dans les alluvions à 50^{m} du fleuve, on attire non seulement de l'eau récemment infiltrée du cours d'eau près des berges, mais aussi de l'eau de cette petite rivière située sous le fleuve.

Des expériences faites, au moyen de matières colorantes, ont montré que, pendant le pompage dans un puits, l'eau venait du côté de la Loire, non seulement de la rive, mais aussi de plus de 50^{m} de distance de celle-ci de sous le lit du fleuve.

Cette constatation a une certaine importance, car elle montre que la surface, ou tout au moins une grande partie de cette surface du lit de la Loire, contribue à l'alimentation des alluvions par l'eau du fleuve.

BOTANIQUE. — *Observation vitale des cinèses polliniques dans le* Lilium candidum *L.* Note de M. **M. Lenoir**, présentée par M. M. Molliard.

On ne saurait trop répéter que l'observation vitale est la base incontestable de nos connaissances biologiques en général et cytologiques en particulier. A tel point que de nombreux cytologistes ont été jusqu'à dénier à peu près toute valeur objective aux observations faites après fixation et coloration.

Les cas privilégiés où la description peut être faite sur le vivant ont donc une importance capitale; l'étude de l'un de ces cas va nous permettre d'asseoir quelques connaissances, acquises depuis longtemps déjà par l'observation du matériel fixé et coloré.

Des cytologistes en nombre assez restreint ont fait l'étude des noyaux végétaux vivants : M. Treub (1878), A. Lundstrom (1879), E. Strasburger (1879-1880-1882), L. Matruchot et M. Molliard (au point de vue pathologique : 1902), H. Lundegardh (1910-1912), P. Martens (1922-1927),

R. Chodat (1924). Parmi ces botanistes, seul R. Chodat a mis en évidence une série de faits se rapportant aux divisions hétéro-homéotypiques et particulièrement à la division hétérotypique dans le sac embryonnaire d'une Orchidée : le *Gymnadenia conopea*. Les autres études vitales ont été faites sur des noyaux somatiques.

Les anthères du *Lilium candidum* m'ont permis de reprendre avec une facilité relative les observations faites par le savant professeur de Genève et de les compléter; voici ce que j'ai vu :

Division I (ou *Hétérotypique*). — 1° *Prophase : 1er Stade.* — Contraction du réseau chromatique. — Le noyau, dont le contenu fondamental est formé d'une matière grise d'aspect homogène, renferme une masse manifestement formée de filaments en état de contraction qui recouvre plus ou moins imparfaitement un nucléole vacuolisé et étalé contre la membrane nucléaire. La masse filamenteuse est en même temps ponctuée de granulations fines.

Le cytoplasme contient une infinité de corpuscules sphériques réfringents de petite taille.

2e *Stade.* — Détente des filaments chromosomiques. — Les filaments chromosomiques commencent à devenir plus distincts; ils occupent à ce moment toute la cavité nucléaire et accentuent leur aspect granuleux. Le nucléole, revenu vers le centre du noyau, est régulièrement sphérique.

Le cytoplasme a le même aspect que pendant le premier stade.

3e *Stade.* — Aux deux stades précédents succède un pachynématypique. Pas de changement apparent dans le cytoplasme.

4e *Stade* (ou stade de seconde contraction). — Ébauché au stade précédent il s'accentue donnant une nouvelle figure asymétrique du noyau dans lequel on distingue parfois très nettement les replis et les boucles tordues chromosomiques. Toujours pas de changement visible dans le cytoplasme.

5e *Stade.* — Prodiacinèse. — Les boucles se raccourcissent et s'épaississent, on ne distingue plus les deux branches des chromosomes devenus épais, massifs. Le nucléole est toujours présent, ainsi que la membrane nucléaire.

Le cytoplasme commence à changer d'aspect; il semble qu'il y ait agglomération partielle des granules sphériques dont j'ai constaté l'existence au premier stade; beaucoup restent dans leur état primitif.

2° *Métaphase.* — Les chromosomes se rangent en plaque équatoriale, après disparition de la membrane nucléaire et du nucléole.

A ce moment les masses granuleuses, plus ou moins anguleuses, contenues dans le cytoplasme atteignent leur maximum en grandeur et en quantité. Elles sont même gênantes pour l'observation des chromosomes étant de même taille et ne différant qu'assez peu de réfringence avec eux. Avec ces masses coexistent toujours des granules libres.

3° *Anaphase.* — Les branches des chromosomes se séparent et subissent un clivage longitudinal simultané ou presque. On obtient en définitive deux groupes de chromo-

somes à deux branches épaisses unies à leurs extrémités supérieures et qui se dirigent vers leurs pôles respectifs.

Pendant cette montée des chromosomes les masses granuleuses du cytoplasme diminuent de nombre et d'importance peu à peu.

4° *Télophase.* — Les chromosomes se tassent avec une certaine intensité. Ils finissent même par former un grumeau dans lequel on ne distingue plus parfaitement les contours chromosomiques. Puis a lieu un écartement progressif des éléments chromosomiques du nouveau noyau.

Les masses granuleuses ont presque disparu du cytoplasme à ce moment; il reprend son aspect premier et le conserve apparemment jusqu'à la constitution des grains de pollen définitifs.

Division II (ou *Homéotypique*). — 1° *Prophase.* — Il ne semble pas y avoir de stade spirématique, les chromosomes reparaissent rapidement dans le noyau.

2° *Métaphase.* — Les chromosomes s'ordonnent en plaque équatoriale. Sur une vue de face ils rayonnent à partir du centre de figure. Puis ils se séparent en deux groupes.

3° *Anaphase.* — Les deux groupes de chromosomes simples se dirigent vers leurs pôles respectifs.

4° *Télophase.* — Les chromosomes se tassent et constituent les quatre noyaux des futurs grains de pollen.

Les sphérules n'ont pas varié apparemment dans le cytoplasme pendant toute la division hétérotypique.

Conclusions. — Ces observations sur le vivant montrent que le schéma hétéro-homéotypique, établi d'après des préparations de matériel fixé et coloré est parfaitement exact.

Le ramassement synaptique, si discuté et prétendu artificiel par beaucoup d'auteurs ne peut être mis en doute, il est parfaitement visible.

On doit tenir pour vrais les résultats obtenus par le Flemming, le Bouin, le Dubosc-Brasil. Cependant, après confrontation des figures obtenues sur le vivant avec les figures obtenues par le Flemming ou le picro-formol-alcool-acétique, il semble que ce dernier donne du noyau une image plus exacte. Le Flemming affine les structures, les rend plus déliées qu'elles ne semblent l'être dans la réalité.

L'un et l'autre d'ailleurs rendent assez fidèlement compte de la configuration des éléments nucléaires.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'hydrolyse diastasique du turanose.* Note de MM. **M. Bridel** et **Th. Aagaard**, présentée par M. L. Mangin.

Le turanose est un hexobiose, isomère réducteur du saccharose, obtenu pour la première fois, en 1889, par Alekhine, dans l'hydrolyse faible du mélézitose et étudié, en 1906, par G. Tanret qui fixa sa composition et ses propriétés.

Le turanose pur n'est pas cristallisé. Il se dépose sous forme d'une poudre blanche par concentration de sa solution dans l'alcool absolu. Cette poudre, combinaison d'une molécule de turanose et d'une demi-molécule d'alcool est très hygroscopique et sa saveur est fortement sucrée. Le turanose, privé d'alcool, possède un pouvoir rotatoire de $\alpha_D = +71°,8$ (G. Tanret), $+73°$ (Bridel et Aagaard). 1^g réduit comme 0,6 (G. Tanret), 0,566 (Bridel et Aagaard) de glucose.

Hydrolysé par l'acide sulfurique à 3 pour 100, à $+100°$, il donne un mélange équimoléculaire de glucose et de fructose. Son indice de réduction théorique est 257.

G. Tanret ne s'est pas étendu sur l'hydrolyse diastasique du turanose et, récemment, Kuhn et van Grundherr [1] ont constaté que le produit fermentaire connu sous le nom de Takadiastase hydrolyse complètement et facilement le turanose. Ils n'ont pas cherché à établir quelle était la diastase responsable de cette hydrolyse.

Nous avons fait agir sur le turanose préparé par nous-mêmes : 1° l'émulsine des amandes; 2° la rhamnodiastase; 3° une solution de levure haute autolysée; 4° une macération de levure basse séchée à l'air; 5° le produit obtenu par précipitation alcoolique de ce macéré.

L'émulsine, la rhamnodiastase et l'autolysat de levure haute n'ont pas hydrolysé le turanose. Le macéré de levure basse l'hydrolyse, par contre, très rapidement :

A 100^{cm^3} de solution de turanose à 1 pour 100, on a ajouté 10^{cm^3} d'un macéré de levure basse séchée à l'air à 1 pour 4. La rotation de la solution a passé de $+1°18'$ ($l=2$) à $+32'$ en un quart d'heure, $-10'$ en une heure, $-22'$ en 2 heures et la proportion de sucre réducteur pour 100^{cm^3} a passé de $0^g,5300$ à $0^g,9417$. Pour un changement de déviation de $1°40'$, il

(1) *Die Konstitution der Melezitose und Turanose* (*Ber.*, 59, 1926, p. 1655).

s'est fait $0^g,4117$ de sucre réducteur, soit un indice de 247 (théorie : 257).

L'hydrolyse est très rapide, puisqu'en un quart d'heure le changement de déviation correspond à une hydrolyse de 45 pour 100, et qu'elle est pour ainsi dire totale en 2 heures : changement observé : 1°40′; changement calculé : 1°42′.

Quelle peut être la diastase qui provoque cette hydrolyse?

Ce n'est pas la sucrase puisque l'autolysat de levure haute qui renferme une sucrase très active est sans action sur le turanose. Le macéré renfermant une glucosidase α très active, pour nous assurer que c'était cette diastase qui hydrolysait le turanose, nous avons mis à profit sa rapide destruction par précipitation alcoolique ([1]). On a précipité le macéré par deux volumes d'alcool à 95°; on a recueilli le précipité; on l'a lavé à l'alcool et séché. On l'a fait agir sur la même solution de turanose et l'on n'a obtenu qu'une hydrolyse très faible qui s'est arrêtée au bout de 24 heures.

La diastase hydrolysant le turanose a donc été détruite par l'alcool, ce qui est une des propriétés caractéristiques de la glucosidase α.

Le turanose étant un hexobiose réducteur par la fonction réductrice du fructose (Zemplen et Braun; Leitch), c'est donc le groupe réducteur qui est intéressé dans l'union des deux hexoses. D'après des recherches récentes (Zemplen et Braun; Leitch) le groupe réducteur du glucose serait uni à l'oxhydryle primaire du fructose le plus éloigné du groupe réducteur du fructose.

Le turanose est donc, en somme, un *glucoside du fructose*.

Comme il n'est pas hydrolysé par l'émulsine des amandes, le glucose n'est pas sous la forme β et comme il est hydrolysé par le macéré de levure basse, séchée à l'air (glucosidase α), on doit le considérer comme un glucoside α du fructose, au même titre, par exemple, que le maltose est un glucoside α du glucose.

Dans le maltose le groupe réducteur d'un glucose serait uni à l'oxhydryle primaire de l'autre glucose (Haworth et Leitch) et dans les deux hexobioses le glucose est combiné sous sa forme α.

Si les deux formules sont bien exactes, puisque le fructose et le glucose fournissent la même osazone, il s'ensuit que l'on doit obtenir la même osazone que l'on parte du maltose ou du turanose.

Or, il n'en est rien. Fischer, en 1894, a montré que la maltosazone était

---

([1]) Em. Bourquelot, H. Hérissey et M. Bridel, *Sur la destruction de la glucosidase α en milieu alcoolique* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, 7, 1919, p. 233).

différente de la turanosazone et, en 1926, Kuhn et Van Grundherr ont confirmé ce fait.

Nous estimons, en conséquence, que la constitution du maltose ou du turanose, telle qu'on la donne actuellement, doit être révisée puisqu'elle n'est plus conforme aux faits expérimentaux.

PHYSIOLOGIE. — *Les sensations de chaleur d'apparence interne sont d'origine cutanée (Expériences par la méthode diathermique).* Note de MM. **Marcel François** et **Henri Piéron**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous distinguons les impressions de chaleur normalement engendrées par un stimulus externe de celles qui sont liées à une modification interne de l'organisme (dans les bouffées de vaso-dilatation, dans la fièvre, etc.).

On a pu penser que cette distinction provenait d'une différence dans les dispositifs récepteurs, et qu'il y avait une sensibilité thermique profonde.

Une série d'expériences faites en employant l'échauffement interne au moyen de la diathermie, que nous devons à d'Arsonval, nous permet de conclure que l'élévation interne de la température ne donne lieu à une sensation d'échauffement que dans la mesure où les appareils de la sensibilité cutanée sont affectés, pour les raisons suivantes :

1° *La sensation de chaleur correspond à une élévation définie de la température à la surface de la peau :*

En employant des électrodes cylindriques tenues dans les mains, et en fixant un thermomètre cutané à la face dorsale du poignet, pour suivre, de seconde en seconde, les variations de la température (la sensation de chaleur apparaissant d'abord au niveau du poignet, lieu de densité maxima des courants de haute fréquence traversant l'organisme), on utilise des intensités différentes, et l'on note chaque fois l'élévation de température au moment du seuil de l'impression de chaleur (avec rupture immédiate).

Voici une série de résultats :

Intensité. (ma).	Température initiale.	Température au seuil.	Durée au seuil.	Élévation liminaire.
	°	°	s	°
130............	31,1	(¹)	–	–
160............	31,3	31,38	30	0,08
200............	31,4	31,45	15	0,05
200............	31,6	31.65	15	0,05
200............	31,15	31,20	18	0,05
200............	31	31,05	15	0,05
250............	31,7	31,75	5	0,05
250............	30,15	30,20	10	0,05
250............	31,75	31,80	5	0,05
300............	31,80	31,85	3	0,05
350............	31,50	51,53	2	0,03

La sensation de chaleur est obtenue pour une élévation de $\frac{5}{100}$ de degré à la surface de la peau, réalisée en 5 à 15 secondes, un peu moins quand l'élévation est plus rapide, un peu plus quand elle est plus lente.

2° *Le degré de l'élévation liminaire est en accord avec les déterminations du seuil de la sensation cutanée :*

Nothnagel, Kesseler, Alsberg, fixent à 0°10 l'élévation thermique minima donnant une sensation de chaleur, Pütter l'évalue à 0°50.

L'élévation que nous constatons pourrait donc paraître infraliminaire. Mais il ne faut pas oublier que les appareils de sensibilité thermique sont, dans la peau, à une certaine profondeur.

Les expériences récentes de Bazett et Mc Glone, avec aiguilles thermo-électriques spéciales placées à diverses profondeurs, ont permis d'établir que, si les sensations de froid, dans une certaine région cutanée, se produisaient avant qu'il y ait une variation thermique à une profondeur de $0^{mm},8$, les sensations de chaud n'apparaissaient que quand la variation de température atteignait une profondeur de 1^{mm}.

Or, Pütter a calculé que, dans la peau, à $0^{mm}10$ de profondeur déjà, au moment où le seuil de la sensation de chaleur était atteint, l'élévation thermique, se montant à 0°5 à la surface, devait être seulement de $\frac{1}{10}$ (soit 0°05). Comme, dans la diathermie, l'échauffement se fait, non plus de la surface vers la profondeur, mais inversement, l'élévation thermique, au moment où le seuil est atteint, est plus grande au niveau des appareils récepteurs qu'à la surface.

(¹) Seuil non obtenu en 5^{m} (0°,50 d'élévation).

Les valeurs obtenues pour le seuil sont donc au moins aussi élevées que celles qui peuvent être déduites des déterminations classiques.

3° *Quand l'élévation de la température cutanée est retardée ou accélérée, l'impression d'échauffement apparaît elle-même plus tard ou plus tôt :*

En enveloppant un des poignets d'un linge mouillé, on retarde de ce côté de façon notable l'impression de chaleur : Il faut, avec 350 mA, 3 minutes et demie (la peau étant à ce moment à 20°) pour que la sensation naisse du côté refroidi, au lieu de quelques secondes (comme de l'autre côté).

Même effet en projetant sur la peau du chlorure d'éthyle. En arrêtant la circulation avec un brassard comprimant l'humérale, ce qui entraîne une ascension thermique plus rapide, on a, au début, avant que se produise l'hypoesthésie, une impression de chaleur immédiate (avec brûlure précoce).

4° *Une hypoesthésie thermique cutanée entraîne une élévation du seuil de l'impression de chaleur diathermique :*

Après une interruption circulatoire prolongée, malgré l'accélération de l'ascension thermique pour une intensité donnée, le retard de l'impression de chaleur est accru, mais cette donnée ne peut être accueillie que sous réserve, car l'action hypoesthésiante n'est pas limitée à la peau ; en revanche après avoir entouré une heure le poignet d'ouate imbibée d'une solution à 20 pour 100 de stovaïne (aimablement mise à notre disposition par la maison Poulenc) la légère hypoesthésie thermique superficielle engendrée suffit pour retarder notablement l'impression de chaleur.

En frottant un des poignets avec de la poudre de menthol, et en attendant la phase d'hypoesthésie thermique générale, après deux heures environ, on obtient un retard d'une minute au moins dans l'impression de chaleur du côté hypoesthésié; le seuil correspond à une élévation de la température cutanée notablement plus grande (0°,75 à 1° environ).

Conclusion. — L'accord de ces faits permet d'attribuer aux organes cutanés l'origine de l'impression d'échauffement d'apparence interne. Cette impression, se présentant en dehors de tout accompagnement tactile, ressemble bien à celle que l'on éprouve quand on est soumis à un rayonnement calorifique, mais avec cette différence qu'elle est généralisée, diffuse, au lieu d'être localisée dans une région définie et qu'elle atteint également les surfaces nues ou couvertes; elle se présente ainsi avec des modalités qui se traduisent comme perception immédiate d'échauffement interne.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur les vaso-moteurs spléniques.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. A. Desgrez.

Ayant constaté qu'à des doses dépourvues d'effet sur la pression artérielle, l'adrénaline provoque une « contraction splénique fort nette », Tournade et Chabrol ([1]) ont affirmé que « l'appareil contractile propre de la rate réagit à l'adrénaline plus vivement que la musculature vasculaire elle même ». Ces auteurs ignoraient malheureusement que, dès 1908, Jonescu ([2]) a signalé qu'une dose d'adrénaline insuffisante pour influencer la pression artérielle détermine cependant une forte diminution du volume du rein, diminution qui est évidemment ici d'origine vasculaire.

En réalité, les vaisseaux de la rate sont, comme ceux du rein, particulièrement sensibles, non seulement à l'action de l'adrénaline, mais encore à celle des antagonistes de cette amine. Nous avons, en effet, constaté qu'à des doses trop faibles pour supprimer l'action hypertensive de l'adrénaline, la yohimbine, l'ergotamine et l'atropine abolissent déjà l'action vaso-constrictrice de l'adrénaline, tant sur le rein ([3]) que sur la rate. Si l'on tient pour acquis que l'action hypertensive de l'adrénaline est beaucoup plus d'origine vasculaire que d'origine cardiaque, on doit admettre que les vaso-constricteurs rénaux et spléniques manifestent, pour l'adrénaline et certains de ses antagonistes, une affinité bien supérieure à celle des vaso-constricteurs des autres organes.

En outre, comme ceux du rein, les vaso-constricteurs de la rate ne réagissent pas, de la même façon que ceux des autres organes, à l'adrénaline dont l'action a été totalement inversée par l'ergotamine ou la yohimbine. Nous avons, en effet, constaté que l'adrénaline, devenue hypotensive sous l'influence de ces alcaloïdes, ne provoque pas de vaso-dilatation splénique, le volume de la rate se bornant, dans ce cas, à suivre passivement les modifications de la pression artérielle. Puisque, chez l'animal, qui a reçu une dose suffisante d'yohimbine ou d'ergotamine, l'adrénaline provoque de l'hypotension, alors que son action vaso-constrictrice rénale et splénique n'est qu'abolie et que son action cardiaque normale est conservée, il faut, évidemment, que, dans d'autres territoires vasculaires, son action vaso-cons-

(1) A. Tournade et M. Chabrol, *C. R. Soc. Biol.*, 90, 1924, p. 835-837.

(2) Jonescu, *Wiener klinische Wochenschrift*, 25, 1908, p. 513.

(3) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1124.

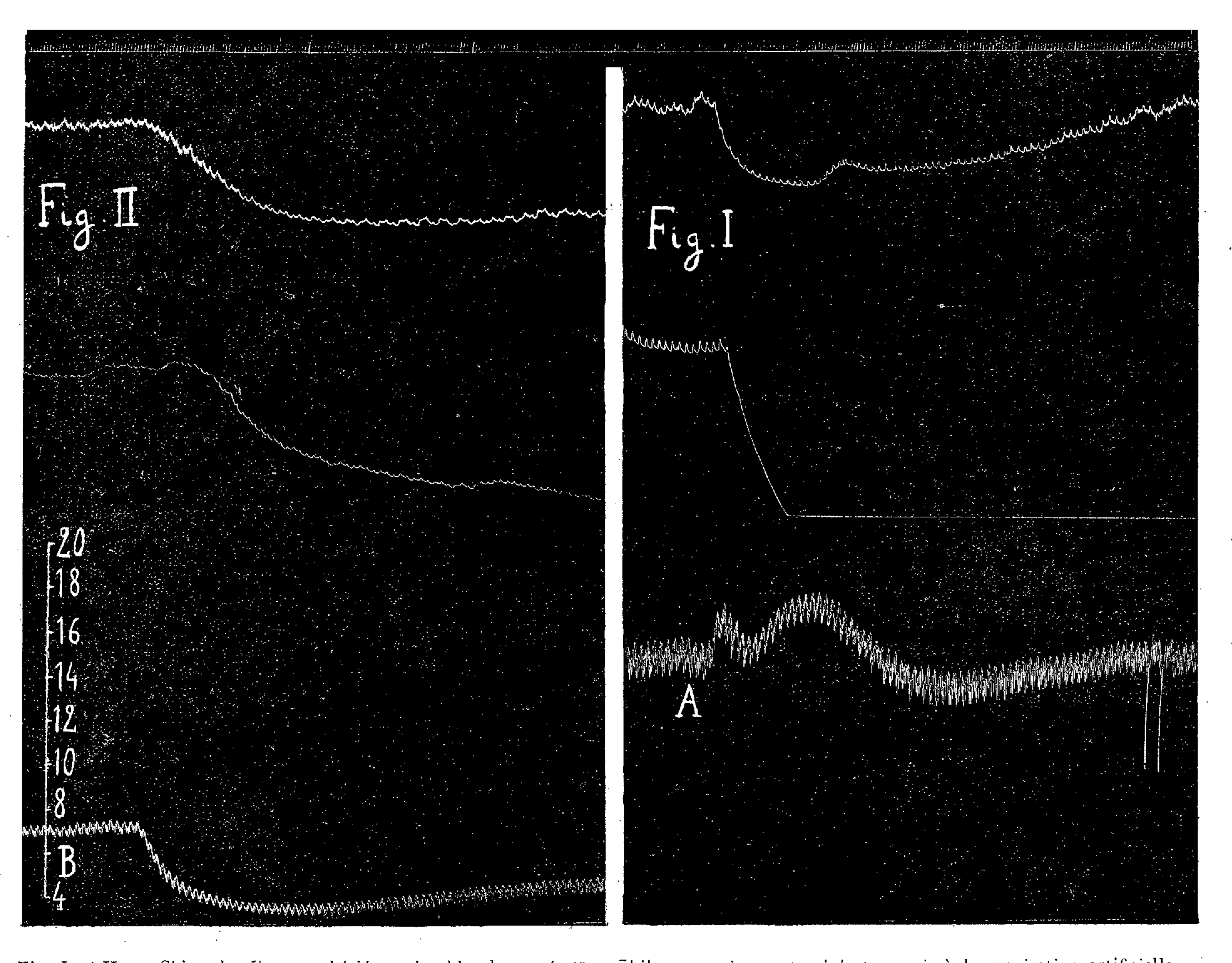


Fig. I et II. — Chien de 15^{kg}, anesthésié par le chloralosane (12^{cg} par kilogramme), vagotomisé et soumis à la respiration artificielle. — 1re ligne : temps en secondes; 2e ligne : modifications du volume du rein enregistrées par l'oncographe de Hallion et Comte; 3e ligne : modifications du volume de la rate enregistrées par l'oncographe de Tournade; 4e ligne : modifications de la pression artérielle enregistrées par le manomètre à mercure. — En A, injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline. En B, injection de $\frac{5}{100}$ de milligramme d'adrénaline, après injection de 30^{mg} de chlorhydrate d'yohimbine pure de Gustrow. — Tracés réduits de un tiers.

trictrice soit transformée en action vaso-dilatatrice. On est donc en droit de conclure que les vaso-moteurs rénaux et spléniques ne réagissent pas aux poisons de la même façon que ceux des autres organes et, en particulier, que ceux de l'intestin.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Extraction de l'aspéruloside du* Galium verum *L. Présence probable de ce glucoside dans de nombreuses plantes de la famille des Rubiacées.* Note de M. **H. Hérissey.**

L'*aspéruloside*, glucoside dédoublable par l'émulsine, a été découvert dans l'Aspérule odorante, d'où il a été extrait pour la première fois, à l'état cristallisé et pur [1]. J'ai décrit postérieurement les diverses modalités d'une technique permettant de rechercher l'aspéruloside dans les végétaux et j'ai été ainsi amené à présumer la présence de ce principe dans quelques plantes de la famille des Rubiacées, en particulier dans les *Galium Aparine* L. et *G. verum* L.; j'ai réussi alors à extraire de la première de ces espèces une petite quantité d'aspéruloside cristallisé [2].

Les recherches suivantes montrent que ce glucoside peut être également retiré du *G. verum;* cette espèce s'est d'ailleurs révélée comme une matière première plus commodément utilisable que l'Aspérule odorante elle-même, en vue de la préparation de l'aspéruloside.

On a opéré sur des parties aériennes de *G. verum* non fleuri, récolté en avril-mai 1926, soigneusement séchées à l'ombre (100^g de plante fraîche fournissent ainsi 16 à 18^g de produit sec).

400^g de ce dernier, après pulvérisation grossière, ont été traités par l'éther acétique légèrement aqueux, à l'ébullition. Les liqueurs éthéroacétiques, évaporées, ont fourni un extrait qui a été repris par l'eau. La solution aqueuse obtenue, distillée à sec sous pression réduite, a laissé un résidu qui a été traité par l'éther acétique bouillant. Par concentration de ce dernier, on a obtenu d'abord, de premier jet, 0^g,19 de produit cristallisé ($[\alpha]_D = -189°,9$) constitué par de l'aspéruloside presque pur.

Divers traitements des liqueurs, sur lesquels on ne peut insister ici, ont encore fourni 0^g,65 d'un principe qui, après recristallisation dans l'éther acétique, possédait le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -195°,3$ ($v = 10^{cm^3}$, $l = 2$, $p = 0^g,1045$, $\alpha = -4°5'$), caractéristique de l'aspéruloside. Il fondait au bloc à 125-126°, exactement comme l'aspé-

---

(1) H. Hérissey, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1695; *Bull. Soc. Chim. biol.*, 7, 1925, p. 1909; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 8e série, 2, 1925, p. 177.

(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 865; *Bull. Soc. Chim. biol.*, 8, 1926, p. 489; *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 8e série, , 3, 1926, p. 353.

ruloside extrait de l'Aspérule odorante et comme son mélange avec ce dernier. La solution aqueuse, non réductrice à l'origine, réduisait abondamment la liqueur cupro-alcaline après action de l'acide sulfurique étendu et bouillant, en même temps qu'elle présentait les phénomènes de coloration et de précipitation caractéristiques d'une solution d'aspéruloside pur.

Les espèces de Rubiacées essayées antérieurement au point de vue de la présence éventuelle d'aspéruloside appartenaient toutes à la tribu des Rubiées. J'ai eu l'occasion d'examiner d'autres espèces de la même famille dont presque toutes, par contre, se rattachent aux Cinchonées ou aux Coffées.

La méthode de recherche, par l'hydrolyse acide précédemment décrite m'a fourni les résultats suivants :

	Réaction.
Rubiacées-Cinchonées.	
Rondeletia cordata Benth. (feuilles semi-fraîches et influorescences fanées).	Négative
» *amœna* Hemsl. (feuilles et rameaux frais)	»
Manettia bicolor Paxt »	Positive
» *ignita* (Vell.) K. Sch. (racine sèche)	Négative
Rubiacées-Coffées.	
Pæderia fœtida L. (rameaux semi-désséchés)	Positive
Putoria calabarica (Lim. fil.) Pers. (rameaux feuillus frais)	»
Guettarda uruguensis Cham. et Schlecht (feuilles et rameaux presque secs	Négative
Leptodermis lanceolata Wall. (feuilles et rameaux)	Positive
Serissa fœtida Commerç. (feuilles et rameaux frais)	»
Coprosma Baueriana Hook. (feuilles fraîches)	»
» *lucida* Forst. »	»
» *robusta* Raoul »	»
Pavetta gracilis A. Rich. (feuilles et rameaux frais)	Négative
Uragoga Ipecacuanha H. Bn. (ipéca officinal, racine sèche)	»
Rubiacées-Rubiées.	
Crucianella stylosa Trin. (parties aériennes fraîches)	Positive

Ces résultats montrent que l'extraction de l'aspéruloside pourrait être tentée, avec chance de réussite, sur de nombreuses espèces de Rubiacées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le potentiel d'oxydo-réduction de la Levure, du* Bacterium Coli *et des milieux où croissent ces microorganismes.* Note de MM. E. AUBEL et L. GENEVOIS, présentée par M. Molliard.

Dans le présent travail nous nous sommes proposés d'étudier comparativement le potentiel d'oxydo-réduction des milieux où vivent la levure de Cramant et le *Bacterium coli*, d'une part; d'autre part le potentiel d'oxydo-réduction de chaque milieu comparativement au potentiel du microorganisme correspondant.

La levure de Cramant a été cultivée à l'abri de l'air dans une solution de Ringer glucosée ($pH = 7,2$) à laquelle on avait ajouté les différents colorants. Nous avons constaté les faits suivants : si le milieu de culture contient un colorant dont le potentiel d'oxydo-réduction à $pH = 7$ est supérieur à —160 millivolts ($rH = 17$) tel que thionine, bleu de méthylène, bleu de toluidine, bleu de Nil, bleu de crésyle, disulfonate d'indigo, ce colorant est réduit; si le colorant introduit possède un potentiel d'oxydo-réduction inférieur à —200 millivolts, à $pH = 7$ ($rH < 6$) tel que rouge neutre, phénosafranine, safranine V. E. le colorant, même au bout de cinq jours de fermentation, n'est nullement réduit. Le vert Janus reste réduit sous sa forme rose (—20 millivolts) et non sous sa forme incolore (— 200 millivolts) ce qui confirme les résultats précédents.

Si nous introduisons dans le milieu en fermentation, non un colorant, mais une électrode de platine brillant, le potentiel pris par l'électrode s'abaisse, pour tendre vers une valeur limite qui est au voisinage de —160 millivolts à $pH = 7$. Une suspension de cellules de levure de bière a donné à Cannan, Cohen et Clark (1), —140 millivolts à $pH = 6,8$. D'autre part, c'est que la benzoquinone, la thymoquinone, la naphtoquinone sont réduites quantitativement par la levure de bière en fermentation, mais non l'anthraquinone (2); or la naphtoquinone a un potentiel voisin de + 50 millivolts à $pH = 7$, benzoquinone et thymoquinone (3) des potentiels bien

---

(1) R.-K. CANNAN, B. COHEN, V.-M. CLARK, *Public Health Reports*, Suppl. 55, 1926.

(2) LUERS et MENGELE, *Biochemische Zeitschrift*, 179, 1926, p. 238.

(3) LA MER et BAKER, *J. Am. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 1954.

supérieurs, tandis que l'anthraquinone (¹) a un potentiel de — 270 millivolts à pH = 7.

Il est donc possible d'affirmer que les milieux où fermentent des levures, à l'abri de l'air, présentent un potentiel d'oxydo-réduction défini, indépendant de la méthode de mesure et du corps introduit; ce rH est voisin de 7, ce qui correspond à une affinité pour l'hydrogène de 11 calories environ. Il est à remarquer que le potentiel ainsi mesuré en présence de cellules de levure, en solution étendue de glucose, est du même ordre de grandeur que le potentiel apparent mesuré dans une solution concentrée de phosphate et de lévulose (²).

Si nous recommençons les expériences précédemment décrites avec une suspension de *Bacterium coli*, tous les colorants précédemment indiqués sont réduits; l'électrode de platine brillant prend un potentiel égal à celui d'une électrode de platine noircie, dans un milieu saturé d'hydrogène de même pH (soit — 420 millivolts à pH = 7 par rapport à l'électrode normale à l'hydrogène) ce que Clark (³) avait déjà constaté. Dans ces conditions, le *B. coli* dégage effectivement de l'hydrogène; cette production d'hydrogène n'est que la traduction du fait que la pression d'hydrogène du milieu atteint une atmosphère (rH = 0).

L'affinité des produits de fermentation pour l'hydrogène est nulle.

Lorsque les solutions employées sont des colorants vitaux, ceux-ci colorent le microorganisme. On peut alors suivre comparativement la marche de décoloration du milieu et du microorganisme. On constate alors un parallélisme rigoureux. Ce qui nous permet de dire : 1° que le rH de la cellule de levure peut atteindre en anaérobiose une valeur voisine et un peu supérieure à 7 (tout à fait comparable à celle que J. et D. M. Needham (⁴) ont trouvée pour certains Protozoaires vivant en aérobiose) et que le rH du *B. coli*, en anaérobiose peut atteindre une valeur nettement inférieure (le bacille est décoloré dans le vert Janus et le rouge neutre); 2° qu'il y a dans des limites assez larges (environ $5 < rH < 19$) équilibre entre le potentiel d'oxydo-réduction du milieu et celui du microorganisme. Ceci apporte un appui à l'hypothèse de J. et D. M. Needham qui pensent que les anaérobies facultatifs ont le pouvoir d'ajuster leur potentiel d'oxydo-réduction inté-

(¹) Conant et Lutz, *J. Am. Chem. Soc.*, **45**, 1923, p. 1050.

(²) E. Aubel, L. Genevois et R. Wurmser, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 407.

(³) W. M. Clark, *Journ. Wash. Acad. Sc.*, **14**, 1924, p. 123.

(⁴) J. et D. M. Needham, *Proc. Roy. Soc.*, **99**, 1926, p. 383.

rieur, à celui du milieu environnant, ce qui les différencie des aérobies stricts.

Notons en outre que les phénomènes observés sont réversibles; dans une culture en présence du vert Janus, décolorée par le *B. coli*, le milieu, comme le microbe, se recolorent en violet rose à l'air.

MICROBIOLOGIE. — *De quelques particularités relatives aux produits scarlatineux filtrés.* Note (¹) de MM. **J. Cantacuzène** et **O. Bonciu**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré (²) l'action modificatrice qu'exercent certains produits scarlatineux filtrés (exsudat pharyngien, urine), sur les streptocoques (ou sur d'autres bactéries) non spontanément agglutinables par le sérum des convalescents de scarlatine.

A quel moment cette propriété modificatrice fait-elle son apparition? A quel moment disparaît-elle? Elle est présente dès le début de la maladie, aussi bien dans l'exsudat pharyngien que dans l'urine. Elle se maintient intacte au delà des deux premières semaines et disparaît entre le 18 et le 25ᵉ jour.

A ce moment un exsudat pharyngien qui, après filtration sur bougie L 3, conférait aux streptocoques une agglutinabilité transmissible de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{800}$ par exemple devient très rapidement inefficace, la disparition de l'action agglutinogène semblant se faire d'une façon presque critique et passe en un à deux jours de $\frac{1}{500}$ à 0. Pendant les trois ou quatre jours qui suivent on observe, sous forme de petites oscillations journalières, de très légères reprises de l'action agglutinogène. A partir de ce moment les caractères de l'exsudat présentent, au point de vue qui nous occupe, ceux d'un exsudat pharyngien normal, c'est-à-dire dépourvu d'action agglutinogène spécifique.

Quelle est la résistance à la chaleur de ce principe inconnu qui disparaît précisément vers le moment où s'établit l'immunité générale? A quelle température faut-il chauffer les filtrats pour leur faire perdre leurs propriétés modificatrices? A cet égard nos expériences ont été faites avec un

---

(¹) Séance du 7 juin 1927.

(²) *Comptes rendus* **182**, 1926, p. 1185; **184**, 1927, p. 1603; *C. R. Soc. Biol.* **96**, 1927, p. 1443.

streptocoque d'origine furonculeuse, d'agglutinabilité nulle par le sérum des convalescents de scarlatine, et ayant acquis une agglutinabilité transmissible au $\frac{1}{200}$ après passage par filtrat pharyngien, à $\frac{1}{500}$ après passage par urine filtrée.

Le chauffage du filtrat à 40° pendant une heure avant l'ensemencement du streptocoque suffit pour faire baisser considérablement le pouvoir agglutinogène de ce filtrat : dans ce cas l'agglutinabilité acquise tombe à $\frac{1}{10}$-$\frac{1}{100}$ avec le filtrat d'exsudat pharyngien, à $\frac{1}{10}$-$\frac{1}{80}$ avec le filtrat d'urine. Chauffés à 60° les filtrats ont perdu toute trace d'action modificatrice. Cette expérience nous montre que le principe agglutinogène contenu dans les filtrats, déjà fortement atténué par le chauffage à 40°, est aboli complètement à une température bien inférieure à celle qui est nécessaire pour inactiver les divers anticorps. Rappelons ici (*loc. cit.*) que l'exposition prolongée (24 heures) au froid de la glacière fait disparaître également cette propriété agglutinogène. Il s'agit donc là d'une substance très sensible aussi bien aux basses températures qu'à des températures comprises entre 40° et 60°.

Notons enfin que le contact avec la bactérie adsorbante fait disparaître rapidement le principe modificateur du filtrat qu'il contient. Des expériences souvent répétées avec des streptocoques d'origine non scarlatineuse nous ont montré que si l'on refiltre sur L3 le filtrat après développement du streptocoque que l'on y a ensemencé, et que l'on reensemence ce deuxième filtrat avec un streptocoque neuf de même origine, ce dernier s'y développe abondamment, mais n'acquiert plus l'agglutinabilité, le premier ensemencement ayant épuisé le milieu et l'ayant dépouillé de son principe actif.

Des expériences qui précèdent deux faits doivent surtout retenir notre attention : la précocité de l'apparition et de la disparition du facteur agglutinogène, ainsi que sa remarquable thermolabilité. Ce facteur inconnu apparaît, en effet, dès les premières heures de la maladie et disparaît précisément vers le moment où s'établit l'état d'immunité (action préventive et immunisante du sérum de convalescent, pouvoir agglutinant et sensibilisateur sur les streptocoques scarlatineux) ; il semble qu'il y ait succession, presque antagonisme, entre les deux phénomènes suivants : présence dans l'exsudat filtré de la substance agglutinogène et développement des anticorps dans le sang. Cette constatation suffit pour éliminer le groupe des anticorps spécifiques du nombre des hypothèses possibles ayant pour but d'inter-

préter la nature du phénomène que nous venons de décrire. Nous avons probablement là affaire à un témoin spécifique de l'infection, non de l'immunisation. Sa thermolabilité, comme aussi sa sensibilité à un froid modéré, plaident dans le même sens.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'absence de fièvre dans l'infection du Rat privé de glandes surrénales.* Note de MM. **J. Giaja**, **X. Chahovitch** et **A. Giaja**, présentée par M. Henneguy.

Plusieurs faits parlent en faveur d'un rôle important qu'auraient les capsules surénales dans la thermorégulation. Ainsi il a été constaté par tous les auteurs que les animaux décapsulés meurent en hypothermie; d'autre part, nous avons montré (¹) que les Rats décapsulés perdent tout pouvoir d'accommoder leur thermogenèse, tandis que l'adrénaline injectée aux Rats normaux élève fortement leur production calorique au point de faire atteindre au métabolisme de base, dans certains cas, la valeur du métabolisme de sommet (²); enfin on sait que, chez les animaux privés de capsules surrénales, on ne peut provoquer de fièvre par piqûre du système nerveux. Nous nous sommes demandés s'il en serait de même dans les infections microbiennes : l'animal décapsulé a-t-il perdu le pouvoir de fébriciter?

Dans nos expériences nous avons employé une culture jeune et virulente de bacille pyocyanique, que nous inoculions à la fois à des Rats normaux et à des Rats auxquels on avait enlevé les glandes surrénales, puis on suivait comparativement la marche de leur température rectale. Voici, à titre d'exemple, les résultats de deux expériences :

(¹) J. Giaja et X. Chahovitch, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 885.
(²) J. Giaja et X. Chahovitch, *C. R. Soc. de Biol.*, 93, 1925, p. 1330.

Expérience 1.

Injection à :	Rat décapsulé infecté.	Rat décapsulé non infecté.	Rat normal. infecté.
h m	°	°	°
10.30	35	36	38
11.30	36	37	38
13	36	37	38
15.30	34,8	34,2	39,2
17	33,8	34,4	39,6
18	32,5	32,8	39,9
20	mort	31	40
Lendemain à 1h30m	–	mort	40,2

Expérience 2. — *Ablation des capsules surrénales en deux temps, dans l'espace de 22 jours.*

Injection à :	Rat décapsulé infecté.	Rat décapsulé non infecté.	Rat normal infecté.
h m	°	°	°
9 0	37,5	36,8	37,6
11.45	37	36,4	38,5
14	31	33,2	38,7
17	28*	28*	38,7
Le lendemain	–	–	40

* Convulsions et mort.

Nos expériences montrent que les animaux décapsulés inoculés de culture pyocyanique ne réagissent pas par une élévation de température. Au contraire, celle-ci ne cesse de baisser jusqu'à la mort, de la même manière que chez les animaux décapsulés qui n'ont pas été infectés. Tandis que les animaux normaux infectés meurent ayant une température de 40°, les animaux décapsulés meurent en hypothermie, tout en présentant des convulsions. Ces faits sont à rapprocher de quelques observations cliniques, que dans les cas d'insuffisance surrénale les réactions fébriles ne sont que faiblement prononcées.

M. **Albert Nodon** adresse une Note intitulée *Observations sur de récents troubles électromagnétiques.*

La séance est levée à 15h50m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1927 (*suite et fin*).

Vladimir Aphanaciévitch Obroutcheff, pour le quarantenaire de son activité scientifique, in *L'Asie septentrionale*, par A. A. TCHERNOV. Moscou, 1927; 1 fasc. 23cm,5.

Sophus Lie Gesammelte Abhandlüngen. Sechster Band : *Abhandlungen über die Theorie der Transformationsgruppen.* Zweite Abteilung, herausgegeben von FRIEDRICH ENGEL. — *Anmerkungen zum sechsten Band*, herausgegeben von FRIEDRICH ENGEL. Leipzig, B. G. Teubner; Oslo, H. Aschehoug and C°, 1927; 2 vol. 24cm.

Nouvelles études sur la météorologie de l'Afrique occidentale française, par HENRY HUBERT; Paris, Émile Larose, 1926; 1 vol. 33cm.

Recherches sur la Harmaline et la Harmine, par V. HASENFRATZ, in *Annales de Chimie*, t. VII, mars-avril 1927. Paris, Masson et Cie, 1927; 1 fasc. 23cm.

An introduction to the study of Experimental Medicine, by CLAUDE BERNARD, translated by HENRY COPLEY GREENE. New-York, Macmillan C°, 1927; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Molliard.)

Rapport préliminaire sur la campagne du Pourquoi-Pas? *en* 1926, par J.-B. CHARCOT. Extrait des *Annales hydrographiques*, 1927-1928. Paris, Imprimerie Nationale, 1927; 1 fasc. 25cm.

Aperçu historique du développement des sciences exactes en Russie aux XVIIIe et XIXe *siècles*, par P. LAZAREV. Léningrad, Académie des Sciences de l'U. R. S. S., 1927; 1 fasc. 23cm, 5.

The chief Pharmacist of the French Army. Interesting career of M. Balland, for fifty years in the Pharmaceutical service in the French Army, by F. ASHFORD-WHITE (in *American Druggist*, New-York, mai 1927); 1 fasc. 30cm,5.

Discours prononcé à la séance générale d'ouverture du Congrès du cinquantenaire de l'Association française pour l'avancement des sciences, par ALFRED LACROIX. Paris, 1926; 1 fasc. 24cm.

Marcelin Berthelot (1827-1907), par A. BOUTARIC. Paris, Payot, 1927; 1 vol. 22cm,5. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

Les concasseurs à noix de palme, par G. PASSELÈGUE. Préface par MAX RINGELMANN. Introduction par EM. PRUDHOMME. Paris, Larose, 1927; 1 vol. 25cm,5.

Théorie du navire, par CH. DOVÈRE. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1927; 1 vol. 23cm.

Immunity, by Sir ALMROTH WRIGHT. London, Encyclopædia Britannica, 1927; 1 fasc. 23cm.

Coup d'œil sur la théorie des déterminants supérieurs dans son état actuel, par MAURICE LECAT. Bruxelles, Lamertin, 1927; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. d'Ocagne.)

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PENDANT L'ANNÉE 1926 (*suite*).

Mémoires de la Société royale des Sciences de Bohême. Prague.
Mémoires de la Société royale des Sciences de Liége. Bruxelles.
Mémoires de la Société vaudoise des sciences naturelles. Lausanne.
Mémoires de l'Institut national polonais d'économie rurale à Pulawy. Cracovie.
Mémoires du Musée d'État de la région industrielle centrale. Moscou.
Mémoires du Service géologique de l'Indochine. Hanoï.
Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils. Paris.
Memoirs of the british astronomical Association. London.
Memoirs of the College of engineering. Kyoto.
Memoirs of the College of Science. Kyoto.
Memoirs of the Faculty of engineering (Hokkaido Imperial University). Sapporo (Japon).
Memoirs of the geological Survey of India. Calcutta.
Memoirs of the royal astronomical Society. London.
Mémorial de l'artillerie française. Paris.
Mémorial des sciences mathématiques. Paris.
Mémorial de l'Office national météorologique. Paris.
Memorias de la Real Sociedad española de historia natural. Madrid.
Memorias del Museo de ciencias naturales de Barcelona. Barcelona.
Memorias e estudos do Museu Zoológico da Universidade de Coimbra. Coimbra.
Memorias y revista de la Sociedad cientifica « Antonio Alzate ». Mexico.
Memorie della pontificia Accademia delle scienze. Nuovi Lincei. Roma.
Memorie della Reale Accademia di scienze, lettere ed arti in Modena. Modena.
Memorie della reale Accademia nazionale dei Lincei. Roma.
Memorie del reale Istituto veneto di scienze, lettere ed arti. Venezia.
Merentutkimuslaitoksen julkaisu. Helsingfors.
Meteorological Observations (Colonies et Dominions). Colombo, Suva, Hongkong, Zomba, etc.
Meteorological Observations taken at Prospect. Bermuda.
Meteorological Office (Annual Report, geophysical Memoirs). London.
Meteorological Review (en russe). Léningrad.
Michigan College of Mines (Bulletin, Year Book). Houghton (Mich.).
Michigan public health. Lansing.
Ministerio de Agricultura. Direccion general de Minas (Boletin). Buenos-Aires.
id. *Seccion propagande e informes (Boletin. Publicacion).* Buenos-Aires.
Ministry of Agriculture. Egypt. Technical and scientific Service (Bulletin). Cairo.
Miscellaneous Publications of Bureau of Standards. Washington.
Mitteilungen aus der medizinischen Fakultæt der kaiserlich japanischen Universitæt. Tokio.

ERRATA.

(Séance du 16 mai 1927.)

Note de M. *E. Lacroix*, Sur la texture du test de *Textularia sagittula* Defrance :

Page 1202, ligne 13, *au lieu de* espèce très connue, *lire* espèce très commune.
Page 1203, ligne 3 en remontant, *au lieu de* l'analogie chimique, *lire* l'analyse chimique.

(Séance du 13 juin 1927.)

Note de M. *Svend Aage Schoù*, Sur la transformation de l'aldéhyde acétique en sa forme énolique :

Page 1453, on a omis de donner les indications suivantes comme légende de la figure :

1. Aldéhyde acétique, en solution aqueuse.
2. » 0,1 m dans NaOH 0,01 m.
3. Paraldéhyde en solution hexanique.
4. » traité par HCl.
5. Aldéhyde acétique traité par HCl.

Note de MM. *A. Job* et *G. Dusollier*, Sur les magnésiens phosphinés :

Page 1454, dernière ligne, *au lieu de* $CH^6P^5(CO^2H)^2$, *lire* $C^6H^5P(CO^2H)^2$.

(Séance du 20 juin 1927.)

Note de M. *Marcel Bouis*, Fixation de l'acide bromhydrique sur les carbures alléniques :

Page 1564 (lignes 11, 7 et 6 en remontant) :

Ligne 11, *au lieu de* $C^2H^5-CHBr-CH^2$, *lire* $C^2H^5-CHBr-CH=CH^2$.
Ligne 7, *au lieu de* $C^2H^5-CH^2-OBr=CH^2$, *lire* $C^2H^5-CH^2-CBr=CH^2$.
Ligne 6, *au lieu de* $C^2H^5-CH=CBr-CH^2$, *lire* $C^2H^5-CH=CBr-CH^3$.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-QUATRIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1927.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 184.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Y

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.
81733-27